



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Drucken und Energie. Referate der VDD -Jahrestagung 1984 in Frankfurt/M

Muth, Engelbert; Heinrich, Hans-Joachim; Jocher, Walter et al.
(1984)

DOI (TUpriints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014112>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Conference or Workshop Item

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14112>



Drucken und Energie

Referate der VDD-Jahrestagung 1984 in Frankfurt/M

Herausgeber:

VEREIN DEUTSCHER DRUCKINGENIEURE e.V.

Die Herstellung der Broschüre erfolgte mit freundlicher
Unterstützung des Institutes für Druckmaschinen und
Druckverfahren der Technischen Hochschule
Darmstadt.

Das Papier wurde freundlicherweise gestiftet von den
MD-Papierfabriken Hch.Nicolaus GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

Dr.-Ing. Engelbert Muth	
Begrüssung und Einführung	5
Dipl.-Ing. Hans-Joachim Heinrich	
Energieeinsparung	
mit Hilfe technischer Informationssysteme	9
Dr. Walter Jocher	
Energiekosteneinsparung	
mit Hilfe geprüfter Kontrollinstrumente	29
Dipl.-Ing. Dietrich Scharnewski	
Optimierung des Energieeinsatzes	
am Beispiel einer Rollen-Offsetmaschine	71
Prof.Dipl.-Ing. K.R. Scheuter	
Die Energie, die beim Wirkungsgrad	
über dem Bruchstrich steht	88

Begrüßung und Einführung Dr.-Ing. E. Muth,
Koenig & Bauer, Würzburg
Vorsitzender des Vereins Deutscher Druckingenieure

Verehrte Gäste, liebe Mitglieder und Freunde des Vereins Deutscher Druckingenieure, meine Damen, meine Herren!

Nach der gemeinsamen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Galvanotechnik und des Vereins Deutscher Druckingenieure im Mai 1983 in Ulm, die mit dem Thema "Oberflächenschutz" den Versuch unternommen hat, zwischen Druckmaschinenbauern, Galvanisierern, Farbherstellern, Produzenten von Druckhilfsmitteln und Druckern einen Dialog über Korrosionsprobleme in Gang zu bringen, will sich die heutige Jahrestagung des Vereins Deutscher Druckingenieure ganz dem Drucken selbst widmen und zwar unter dem Blickwinkel der dabei eingesetzten Energie. Zu dieser Tagung "Drucken und Energie" darf ich Sie alle hier im gastfreundlichen VDMA-Haus in Frankfurt recht herzlich begrüßen und willkommen heißen.

Mein besonderer Willkommensgruß gilt den Mitarbeitern aus den Firmen unserer fördernden Mitglieder, den Gästen aus den Druckereien, den Mitarbeitern der uns nahestehenden Forschungsinstitute in Darmstadt und München und den anwesenden Universitäts-, Hochschul- und Fachhochschul-Professoren, die den Lehr- und Forschungsgebieten Druckmaschinen, Drucktechnik und Druckverfahren und den daraus abzuleitenden

Fachbereichen verbunden sind. Ebenso herzlich begrüße ich die Vertreter der Fachpresse, die unsere Jahrestagung seit vielen Jahren begleiten und unsere Vorträge und Diskussionen in die Fachöffentlichkeit hinein multiplizieren.

Nicht zuletzt möchte ich noch diejenigen Mitglieder des Vereins Deutscher Druckingenieure herzlich begrüßen, die erst heute Vormittag zu uns gestoßen sind, nachdem ich den größeren Teil der hier anwesenden Mitglieder unseres Vereins schon gestern Abend bei der Mitgliederversammlung willkommen heißen konnte.

Vorab einige Hinweise zum Tagungsablauf:

- Die Tagungsleitung wird sich bemühen, den auf dem Programmzettel ausgedruckten Zeitplan einzuhalten, so daß alle heute Nachmittag zur angegebenen Zeit, also gegen 16.00 Uhr, die Heimfahrt antreten können. Bitte helfen Sie dazu durch pünktliches Erscheinen zu den Vorträgen mit.
- Nach jedem Referat findet eine kurze Diskussion statt.
- Um Gelegenheit zum persönlichen Meinungs- und Erfahrungsaustausch zu geben, haben wir eine eineinhalbstündige Mittagspause eingeplant.
- Es ist beabsichtigt, auch über diese Tagung eine Broschüre herauszugeben, die alle Referate und die wichtigsten Diskussionsbeiträge enthalten soll. Diese Druckschrift geht allen Teilnehmern der Tagung kostenlos zu. Schon

deshalb ist es erforderlich, daß Sie sich in die Anwesenheitslisten eintragen, die wir während der Tagung umlaufen lassen.

Meine Damen, meine Herren!

Im "Handwörterbuch der Naturwissenschaften", erschienen in den Jahren 1912 bis 1915 im Verlag Gustav Fischer in Jena, findet sich für die Lehre von der Energie folgende Definition:

"Als Energielehre ... faßt man alle Betrachtungsweisen der theoretischen Naturwissenschaft zusammen, die jeden Naturvorgang als Umformung der Energie ansehen. Ein Vorgang wird also energetisch betrachtet, wenn die Aufmerksamkeit darauf gerichtet wird, daß während seines Verlaufs eine gewisse Leistungsfähigkeit ihre Form wandelt, ohne ihren Betrag zu ändern. - In ihrer weiteren Entwicklung stellt sich die Energetik die Aufgabe, zu zeigen, daß überhaupt alles, was wir an einem Vorgang quantitativ festzustellen vermögen, also alles, was Gegenstand der theoretischen Naturforschung sein kann, Energieumformung ist. - Und in ihrer vorgeschrittensten Entwicklungsstufe behauptet die Energetik dasselbe vom Geschehen überhaupt und erhebt den Anspruch, mehr zu sein als eine Art der Naturbetrachtung, nicht nur die einzig berechnete Auffassung der Natur, sondern geradezu die einzig berechnete Auffassung der Welt."

Diesen wahrhaft astronomischen Dimensionen der Energielehre wollen wir uns heute nicht stellen. Wir beschränken uns vielmehr im wesentlichen auf das uns unbekannte Metier, das Drucken, und wollen

dabei auch nur einige wenige Aspekte näher erörtern, die allerdings und gerade in der aktuellen öffentlichen Diskussion von besonderer Bedeutung sind, nämlich die Kosten- und die Energieeinsparung. Dabei erhoffe ich mir, daß in den Vorträgen und Diskussionen unter vielem anderen auch deutlich gemacht werden kann, daß durch gezielte Maßnahmen produzierte Menge und Energieverbrauch voneinander entkoppelt werden können, oder, in den heute in der Rohstoff- und Umweltdiskussion gängigen Begriffen ausgedrückt, daß es gelingt, darzulegen, daß beim heutigen Stand der Technologie Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch keineswegs mehr streng und unabdingbar miteinander verknüpfte Größen sind.

Kosteneinsparung, Energieeinsparung, Optimierung, diese synonym verwendbaren Begriffe hängen ihrerseits mit dem Begriff "Verlust" zusammen und führen damit zum Begriff "Wirkungsgrad" oder "Nutzeffekt". Mit Überlegungen, um welche Energie es dabei geht, wird dann der Schlußpunkt unserer Tagung gesetzt werden.

Energieeinsparung mit Hilfe technischer Informationsysteme

Dip.-Ing. F.H. Heinrich, IBM Deutschland,
Böblingen

1. EINLEITUNG

ZUKÜNFTIGE INFORMATORISCHE PROZESSE IN
TECHNIK, WIRTSCHAFT, VERWALTUNG, GESELL-
SCHAFT UND STAAT lassen sich drei Kategorien
darstellen:

- o Informatorische Modelle und Simulations-
techniken, langfristig wohl das bedeutungs-
vollste Gebiet. 1)
- o Die Nutzung riesiger Informationsmengen in
Datenbanken und Informationssystemen inner-
halb von Sekunden.
- o Das weite Gebiet informatorischer Steuerung
(Bild 1).

Betrachtet man nun ausschließlich im Bereich
Technik den Sektor Energiewesen, so ist fest-
zustellen, daß sich hier diese drei Kategorien
informatorischer Prozesse am weitesten entwickelt
haben. 2)

Dabei können die beiden ersten Prozesse SIMULATION
UND DATENBANK zusammen auf einem Großrechner-
system zum Einsatz kommen. Während die Kategorie
INFORMATORISCHE STEUERUNG in der Technik

IBM

Zukunfftige Informatorische Prozesse in:

**Technik, Wirtschaft, Verwaltung, Gesellschaft
und Staat**

- ✦ Informatorische Steuerung
- ✦ Nutzung riesiger Informationsmengen
in Datenbanken und Informationssystemen
mit Zugriff innerhalb von Sekunden
- ✦ Informatorische Modelle und Simulationstechniken



E D V gesteuertes Energiesparkonzept

IBM 3033, 4300

Simulationen
+ Analysen

- Neubaut./Altbaut.
- Leistungen
- Energiesummen
- Verbrauch

Software:

HLKK (MVS)

DOE-2

ADOC

IBM Serie /1

Echtzeitbetrieb
beim Kunden

- Ueberwachung und
Steuerung des
Energieverbrauchs

Software

FC PM

ECS

GPAX

IBM 4300

Erfolgskontrolle
mit Datenbank

- Vergleichsdaten
- Neue Vorgaben

Software:

APL

ALS SERVICE

größtenteils auf Rechnertypen abläuft, die Prozeßrechnereigenschaften (Folie 2) besitzen müssen; d.h. ereignisorientiert arbeiten.

2. PROBLEMLÖSUNGS-VORSCHLAG DURCH STANDARDISIERUNG

2.1 KOSTENSITUATION

Wie in der kommerziellen Datenverarbeitung Verfahrensabläufe standardisiert werden. z.B. Buchungsverfahren, Rechnungswesen usw.,

können auch auf dem Gebiet Technik für Rechnersysteme Verfahrensabläufe standardisiert werden, insbesondere auf dem Gebiet der Energieversorgung. Ohne Zweifel werden hier schon umfangreiche Anwendungen eingesetzt. Zum größten Teil handelt es sich dabei jedoch um Anwendungsprogramme, die für den Einzelfall entwickelt wurden und daher selten übertragbar sind.

Betrachtet man die Kostenentwicklung von Hard- und Software, so ist festzustellen, daß der Trend bei der Software, Anwendungen zu standardisieren, aus Kostengründen immer stärker wird. Wie aus Abbildung 1 zu ersehen ist, fand die Umkehrung der Kosten Hard-/Software 1965 statt. Daraus entwickelt sich bei anhaltendem Trend die sogenannte Firmenware, d.h. standardisierte Anwendungsprogramme, angeboten von entsprechenden Unternehmen (3).

Diese Umkehrung der Kosten führte zwangsläufig zu einem Umdenkungsprozeß, der bis heute in der EDV allgemein und bei der Prozeßautomatisierung insbesondere noch nicht abgeschlossen ist.

RELATIVE KOSTEN §

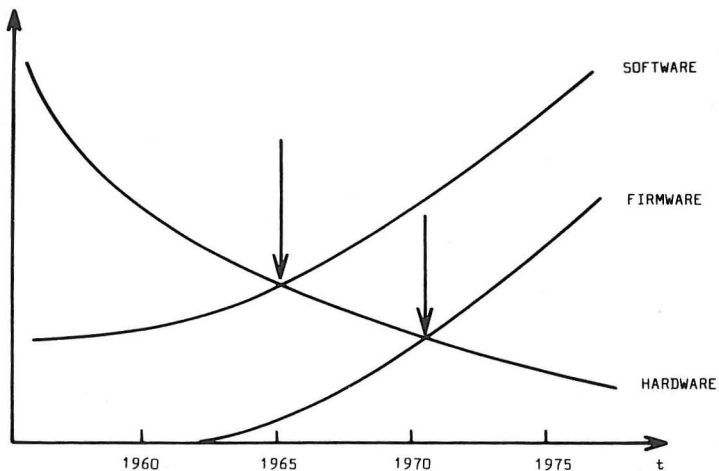


Abbildung 1

KOSTEN

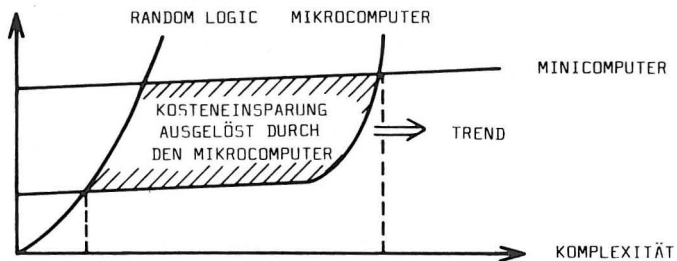


Abbildung 2

Die vor 1965 hohen Hardwarekosten führten dazu, mit einem zentralen System eine möglichst große Anzahl von Anwendungen abzudecken. Dadurch wurde sehr viel individuell nutzbare Software entwickelt. Nachdem sich der Trend 1965 umkehrte, bot es sich von selbst an, die Problemlösung erst von der Hardwareseite anzugehen. Es ist von der Kostenseite her wesentlich günstiger geworden, bei vorhandener Firmenware mit entsprechender Hardware Anwendungsprobleme zu lösen, als zu versuchen, mit individuellem Softwareaufwand eine Anwendung in ein zentrales Softwaresystem zu integrieren.

Diese Aussage könnte so verstanden werden, alle Standardanwendungen sind zu dezentralisieren. Der Weg heißt jedoch: soviel wie möglich dezentralisieren und standardisieren und dann das Notwendige zentral verbinden.

Auf dieser Überlegung ergeben sich wiederum für die Hardware folgende Anforderungen:

Setzt man als erste Stufe Standardsoftware ein, so erweist es sich als sinnvoll, ein Hardwaresystem auszuwählen, das ausbaufähig ist. Der Grund dafür ist in der Anwendung selbst zu suchen. Aus Wirtschaftlichkeits-Überlegungen ergibt sich, mit vorhandenen und übertragbaren Standardanwendungen in einer ersten Stufe 50-60 % des vorhandenen Energie-Sparpotentials zu nutzen. Erst wenn der Benutzer mit dem System vertraut ist, wird er von selbst Verbesserungen und Erweiterungsvorschläge machen. Mit einem Baukastensystem und modularer Standardsoftware können in einer zweiten Stufe Erweiterungen zu weiteren Energiesparmaßnahmen

führen. Solche Baukastensysteme sind auf dem Markt heute verfügbar.

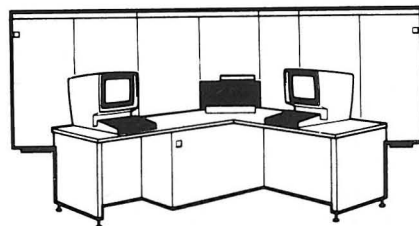
2.2 BESTIMMUNG DER ANWENDUNGSBEREICHE FÜR EDV SOFTWARE

Betrachtet man das Gebiet Energieeinsparung und elektronische Datenverarbeitung, so lassen sich drei Bereiche wie folgt klassifizieren:

- | | |
|---|--|
| SIMULATIONS-
U. PLANUNGS-
RECHNER | 1. SIMULATIONS-PROGRAMME UND
ENERGIE-DATENBANK
- Lasten und Leistungen
- Energiesummen
- Netze
- Systemauswahl usw.
- Erfolgskontrolle
- Vergleichsdaten
- Neue Vorgaben |
| STRATEGIE
RECHNER
(Baukasten) | 2. ANWENDUNGSSTRATEGIEN UND
PROGRAMMENTWICKLUNG
- Spitzenlast und Verbrauchs-
optimierung
- Komfortzonen-Analyse
- Temperaturabhängige Steuerung
usw. |
| MINIS- UND
MIKROS
(Baukasten) | 3. STANDARD-ANWENDUNGEN
- Datenerfassung
- DDC (Direct Digital Control)
- Adaptive Regelung
- Miniprozeße usw. |

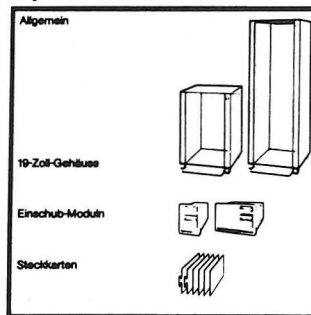
1. SIMULATIONS- U.

PLANUNGSRECHNER System IBM /370
Rechner IBM 303X
Rechner IBM 4300



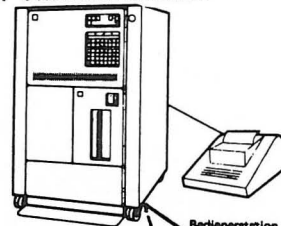
VERBINDUNG zur IBM /1
Permanent oder temporär
— SDLC oder BSC
— bis 48 KBit/s
— bis 56 KBit Direktverbindung

BAUKASTEN System-Architektur



BESTIMMUNG DER ANWENDERBEREICHE FOR EDV HARDWARE

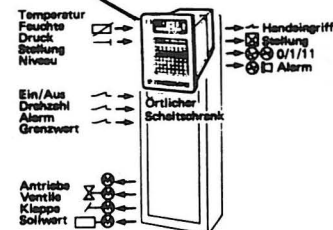
2. STRATEGIERECHNER



IBM Serie /1
Rechner

Bedienungstation

3. MINI'S U. MIKROS



Diese drei Bereiche müssen von der Informationsseite zusammengeführt werden, da jeder Bereich für den anderen Informationen liefert, die er indirekt oder direkt zur Energieverbrauchsreduzierung verwerten kann (Abb. 3).

Der erste Bereich SIMULATIONEN UND ENERGIE-DATENBANK besteht aus Programmsystemen, die auf Großrechnern zum Einsatz kommen. Dieser Bereich wird der Vollständigkeit halber hier kurz erwähnt, um darauf hinzuweisen, daß diese Systeme wertvolle Vorgabedaten für die echte Strategien und Anwendungen liefern können. Aus Kostengründen werden sie daher meist nur von Energiegroßabnehmern und Industrieplanern eingesetzt, oder stehen über Datennetze und regionale Rechenzentren dem Endverbraucher zur Verfügung.

Mit ihnen werden Gebäudeenergie-Verbrauchsanalysen durchgeführt, die wieder als Basis für die Gebäudeauslegung Verwendung finden.

Der Datenbankteil dient zur Ermittlung von Jahresverbrauchs- und Kostenvergleichsdaten für Gebäude. Eingeschlossen sind meist Programme, die einen Abgleich über die Wetterdaten vornehmen, um die auftretenden Differenzen in den verschiedenen Klimazonen auszugleichen.

Sie können jedoch auch für bestehende Altbauten nach Eingabe der notwendigen Daten unter Veränderungen der entsprechenden Parameter eine Aussage machen, in welcher Höhe Energie eingespart werden kann. Eine Aussage also darüber, ob und wie wirtschaftlich es ist, die unter 2. und 3. oben beschriebenen Programmanwendungen einzusetzen.

Mit diesen Programmanwendungen lassen sich dann die Ergebnisse der Simulation verwirklichen wie unter 2.3 Anwendungsstrategien beschrieben. Einige Simulationssysteme wie folgt als Beispiel:

Programmsystem HLKK (Heizung, Lüftung, Klima Kälte)

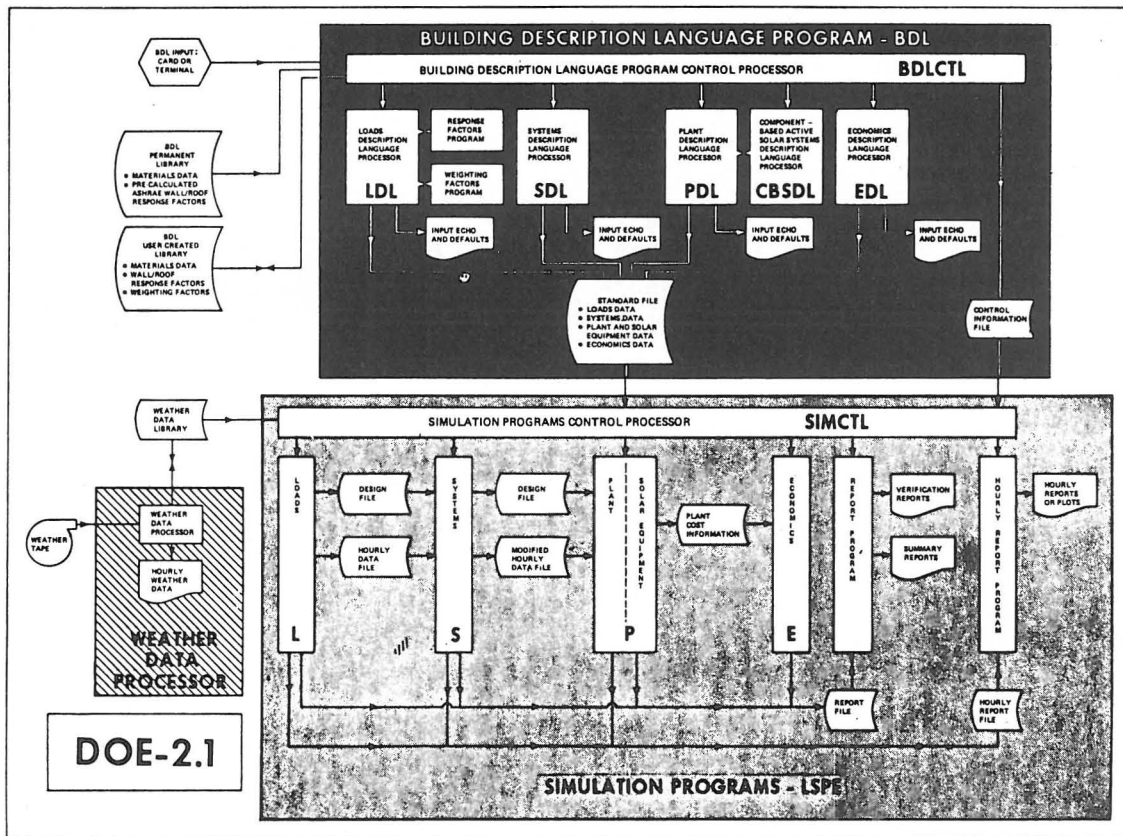
- Lasten und Leistungen
- Energiesummen
- Netze
- usw.

Bundesvereinigung der Industrieverbände Heizung-, Klima und Sanitärtechnik e.V. (4) oder das in den USA eingesetzte System DOE-2

National Technical Information Service
U.S. Department of Commerce (NTIS)
5285 Port Royal Road
Springfield Virginia 22161

ADOC (Airhandler Design Optimization an Calculation Program)

Energiesparende Arbeitsweise
und Design Optimierung
mit Computeranwendung für
Klimaanlagen
IBM Sindelfingen



2.3 ANWENDUNGSSTRATEGIEN UND PROGRAMMENTWICKLUNG

Der zweite Bereich gliedert sich in einen Teil 1 ANWENDUNGSSTRATEGIEN und Teil 2 PROGRAMMENTWICKLUNG. Dieser Teil soll aus Gründen des Umfangs nur der Vollständigkeit halber kurz erläutert werden. Nach Installation und Inbetriebnahme der Strategien und Standardanwendungen sollte dem Benutzer die Möglichkeit gegeben werden, Programmmanwendungserweiterungen während des laufenden Prozesses schreiben zu können. Ist das Gesamtsystem so konzipiert, wie in Abb. 3 als Beispiel dargestellt, so ergibt sich die Möglichkeit, Programme für die 3. Ebene (Mikros) im sogenannten Top-Down-Verfahren zu erstellen. Für den Benutzer ist es wichtig zu wissen, wie groß die Produktpalette ist, die von der Cross-Software abgedeckt wird.

Die Programmentwicklung für die 2. Ebene erfolgt im Stand-Alone-Verfahren (1) auf dem Mini selbst oder auf dem (HOST) Gastrechner der 1. Ebene.

Die Entscheidung darüber, auf welchem Weg die Programmentwicklung betrieben werden soll, ist in erster Linie eine Kosten- und Rechnerkapazitätsfrage.

- (1) Von den anderen Systemen und Programmen unabhängig und allein operierend

2.4 STANDARDANWENDUNGEN UND SYSTEM STRUKTUR

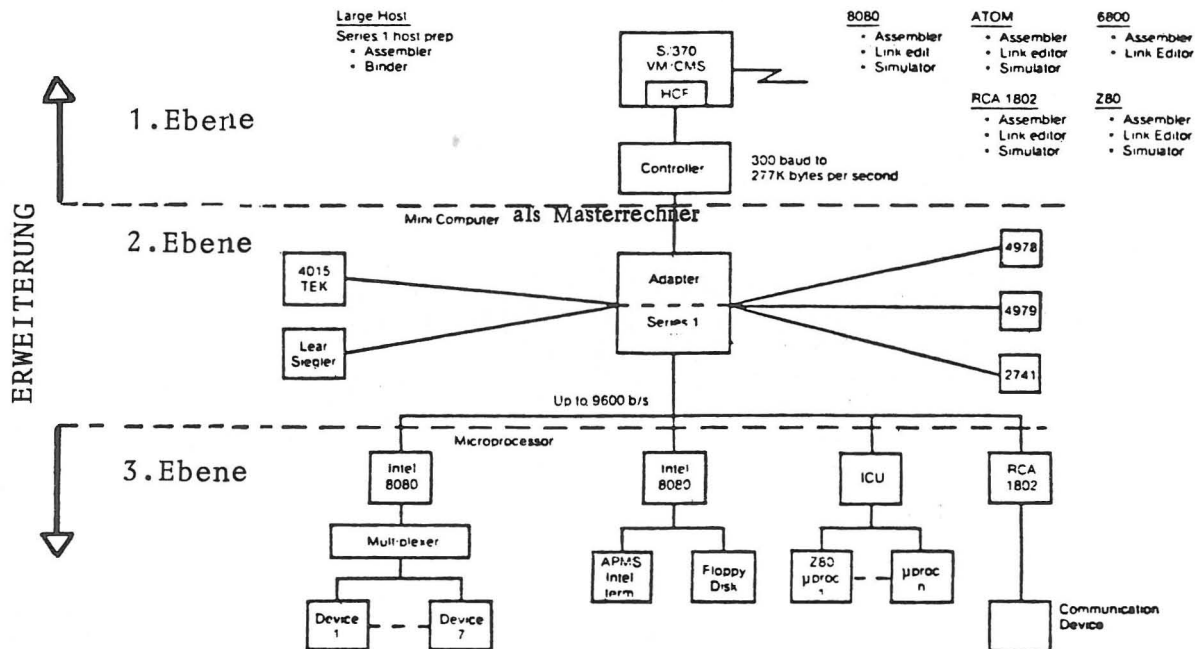
Der dritte Bereich umfaßt alle Standardanwendungen, die auf der Ebene 3 eingesetzt werden. Sie schließt damit auch die sogenannten "Intelligenten Sensoren" und die Datenaufbereitung und -vorverarbeitung in Meßgeräten ein.

Um den Begriff "Miniprozeße" etwas zu verdeutlichen, sei auf die Entwicklung der Halbleitertechnik in den letzten Jahren mit immer höheren Integrationsdichten verwiesen. Die Folge ist, daß immer billigere, kleinere und leistungsfähigere Bausteine zur Verfügung stehen. Damit wird die Möglichkeit, kleine Prozeßabläufe zu standardisieren und in E-PROM's (Erasible Program Read Only Memory) anzubieten, immer häufiger genutzt. Da diese Bausteine mit ihren Mikroprogrammen in größeren Stückzahlen eingesetzt, Daten produzieren bzw. Daten in Form von Parametern benötigen, werden sie zum größten Teil mit DFV-Schnittstelle angeboten.

Bei Verfahrensänderungen werden nur die PROMs für einen anderen Miniprozeß getauscht, während der Baustein als solcher unberührt bleibt.

Abb. 5 Beispiel für ein dezentrales System im Baukastenkonzept im Echtzeitbetrieb
"Prozeßsteuerung"

Das bedeutet, in der Automatisierungstechnik und insbesondere der Regeltechnik ist mit tiefgreifenden Umwälzungen zu rechnen. Diese Umwälzung wird sich jedoch sehr langsam vollziehen, da der Planer wie



der Benutzer den dafür notwendigen Lernprozeß durchmachen müssen.

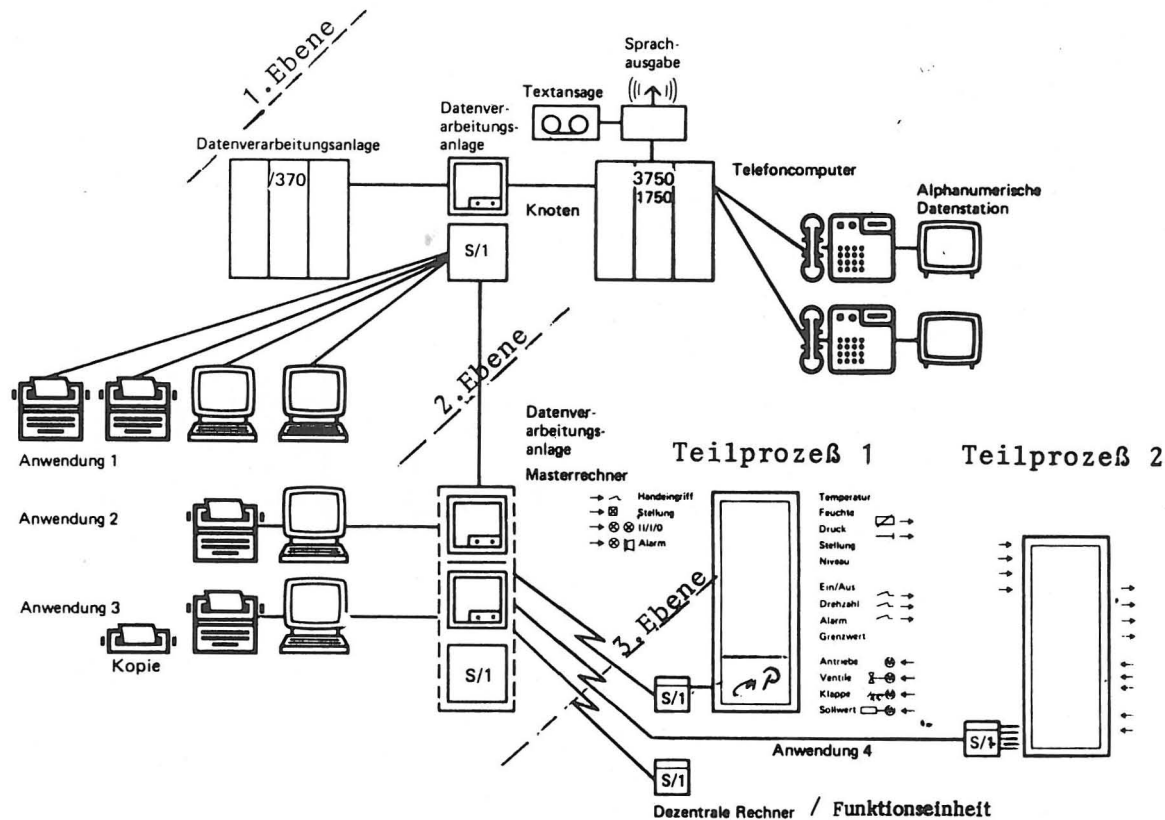
Die Sollwertvorgaben können sowohl manuell "vor Ort" eingegeben werden als auch über den Strategierechner. Zu den Kosten ist zu sagen, daß dieser Baustein mit Prozeßperipherie (Fühler + Stellmotor) um ca. \$ 100 in den USA erhältlich ist. Daraus wird ersichtlich, daß die Entwicklung des Preis/Leistungs-Verhältnisses sich für den Anwender weiterhin positiv entwickelt, d.h. die in Abb. 2 gezeigte Kostenentwicklung für Software verliert ihren steilen Anstieg, wenn Hard- und Software (Mikroprogramme) als Standardanwendung verfügbar gemacht werden und in großen Stückzahlen produziert werden können.

Zwangsläufig geht aus dieser Entwicklung der Wunsch hervor, die DFV-Schnittstellen und die Übertragungsformate zu standardisieren bzw. zu normen.

3. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSBETRACHTUNG

Zweifelsohne wird die Entwicklung der Halbleiter-Technologie zu großen Umwälzungen in der Regelungstechnik führen. Dies wird heute ganz eindeutig sichtbar durch den Einsatz der Mikro-Minicomputer auf diesem Gebiet. Betrachtet man diese Entwicklung im Zusammenhang mit unserer derzeitigen Energiesituation, so zeigen sich nicht nur ganz erhebliche Möglichkeiten der Energiereduzierung auf den in dieser Arbeit beschriebenen Gebieten, zugeordnetem Bereiche 'INDUSTRIE', sondern auch auf

Beispiel für ein dezentrales System im Baukasten-konzept im Echtzeitbetrieb "Prozeßsteuerung"



den Bereichen UMWANDLUNG, VERKEHR + CHEMIE,
HAUSHALT + GEWERBE.

Bis heute gibt es nur eine Arbeit, die hierüber eine
Teilaussage macht (5). Daher sind die folgenden
Angaben Schätzungen, die auf Ergebnissen von
Einzelanwendungen beruhen bzw. Daten zugrunde-
gelegt sind, die aus internationalen Projekten
stammen.

Die geschätzte Reduzierung des Energieverbrauchs
für die einzelnen Bereiche beim Einsatz der heute
zur Verfügung stehenden Technologien in der Mikro-
elektronik (d.h. vom Einsatz des intelligenten
Sensors bis zum Großrechensystem):

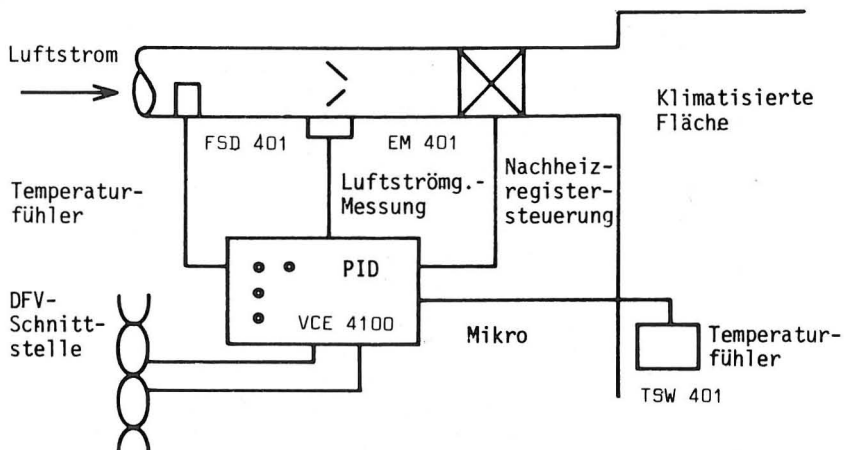
13 - 22 % UMWANDLUNG UND VERTEILUNG
Last-, Netz- und Wirkungsgrad-Opti-
mierung DDC und adaptive Regelung

10 - 13 % VERKEHR
Mikrocomputer für Kraftstoff, Verbrauchs-
überwachung und -steuerung

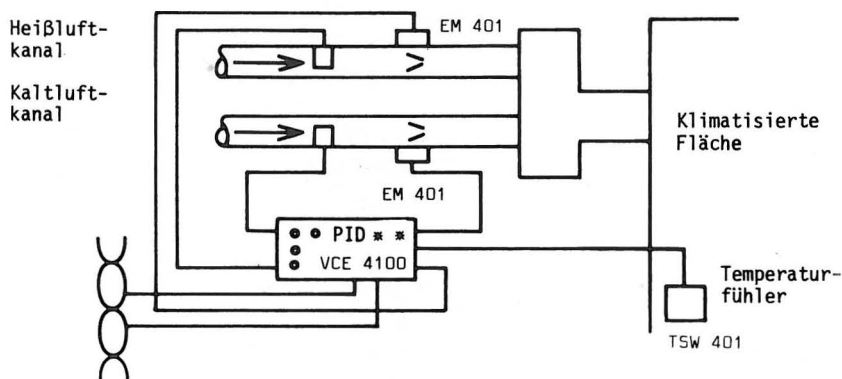
15 - 25 % INDUSTRIE (+ CHEMIE)
- Einsatz der in Abschnitt 4 beschriebenen
Anwendungsstrategien
DDC und adaptive Regelung

10 - 12 % HAUSHALT UND GEWERBE
Mikrocomputer für Miniprozesse
- Halbleiter-Solartechnologie, Energie-
Gewinnung, -Wandlung, -Speicherung

Beispiel 1: Einkanalnacherwärmung



Beispiel 2: Zweikanalsteuerung



**) Mikrocomputer

1 PID Regelkreis

8 - 16 Analog bzw. Digital Eingänge

2 Analog bzw. Digital Ausgänge

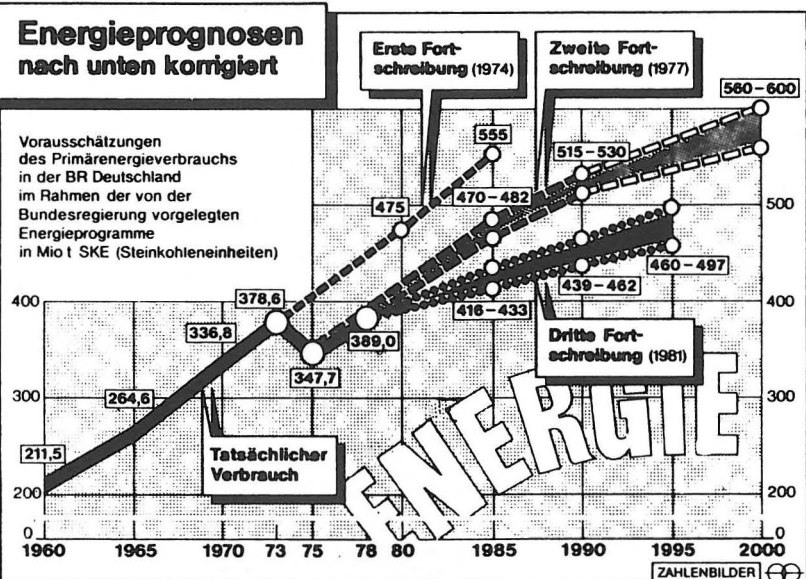
3.1 ENERGIEBEDARFS-PROGNOSE UNTER BERÜCK- SICHTIGUNG DES EINSATZES DER MIKRO- ELEKTRONIK

Die in der Mobil-Studie angegebenen Daten werden in der Abb. 7 insgesamt nach unten korrigiert.

Im Bereich Energieversorgung Umwandlung ist jedoch weiterhin mit den stärksten Zuwachsraten zu rechnen. Dies hängt - wie bereits im Abschnitt 1.1 erwähnt - mit Verlagerungen und Umstrukturierungen auf der Verbraucherseite zusammen (Wärmehückgewinnung, Wärmepumpen usw.). Inwieweit weitere neue technologische Entwicklungen weiter dämpfend auf den Energieverbrauch einwirken werden, ist heute noch nicht abzusehen. Dies wird mit davon abhängen, wie sich die Preisgestaltung auf dem Energiemarkt entwickeln wird, die wesentlichste Antriebsfeder für Investitionsbereitschaft und Entwicklungstätigkeit.

Energieprognosen nach unten korrigiert

Vorausschätzungen
des Primärenergieverbrauchs
in der BR Deutschland
im Rahmen der von der
Bundesregierung vorgelegten
Energieprogramme
in Mio t SKE (Steinkohleneinheiten)



© Erich Schmidt Verlag

370 436

Vorhersagen über den künftigen Energieverbrauch in der Bundesrepublik erwiesen sich in den letzten Jahren als außerordentlich schwierig. Meist hatten die Werte nur kurze Zeit Bestand. Die Lage auf den Energiemärkten und die Entwicklung des tatsächlichen Energieverbrauchs brachten es mit sich, daß die geschätzten Daten 1977 und 1981 kräftig nach unten korrigiert werden mußten.

Energiekosteneinsparung mit Hilfe geprüfter Kontrollinstrumente

Dr. W. Jocher, VDMA, Referat Energie,
Frankfurt/Main

1. Unternehmen müssen sich auf die veränderte Situation in der 'Energielandschaft' einstellen

Die veränderte Energieversorgungssituation beeinflusst auch die Entscheidungen der Unternehmen außerhalb der Energiewirtschaft. Mit dem Anstieg des Mineralölpreises sind auch die anderen Energieträger in unterschiedlichem Maße dem allgemeinen Trend gefolgt. Zu den Unsicherheiten über die zukünftigen Preise des Mineralöls und der anderen Energieträger kommt noch die Unsicherheit über die verfügbaren Mengen hinzu. All dies beeinflusst die Unternehmensentscheidungen hinsichtlich Energieträgerwahl, Energiesparen und Energieinnovationen. Auf die genannte Situation müssen sich die Unternehmen langfristig in ihrer Planung einstellen.

Ein Mittel zur Risikominderung ist die Diversifizierung im betrieblichen Energieeinsatz mit verstärkter Heranziehung sicherer Energieträger beziehungsweise sicherer Lieferanten. Eine Alternative (Wärmerückgewinnung) oder auch ergänzende Möglichkeit bietet sich im Ausbau der betrieblichen Lagerkapazität für Energieträger (z.B. Vergrößerung der Tankkapazität, Einsatz von Wärmespeichern). Langfristige Maßnahmen zur Reduzierung des Energiekostenanteils sind jedoch nur nach einer sorgfältigen und detaillierten Planung möglich. In energietechnischen Anlagen lassen sich

Energieprobleme 1797

§. 10.

Zum Beschluß muß ich auch noch einen Vorschlag von einer LuxusAccise, oder Auflage machen, welche bis hie noch nicht in Vornurf gebracht worden ist. Bekanntlich wird, besonders in den Hauptstädten Wirtembergs, auch mit grossen Wohnungen, und vornemlich mit solchen, welche viele heizbare Zimmer haben, die zur Winterzeit auch wirklich unbillig geheizt werden, ein grosser, schädlicher Luxus getrieben. Bei dem Mangel und der grossen Teuerung des Brennholzes, worüber der grössere Teil des württembergischen Publikums so laut, und mit Recht, klaget, dürfte billig von jeder Wohnung, in welcher mer als zween Defen geheizt werden, wegen jedem weiter geheizt werdenden Ofen eine verhältnismässige Abgabe für das allgemeine Beste eingezogen werden. Derjenige, welcher bei der in Wirtemberg herrschenden grossen Holztheuerung mer als zween Defen sich einheizen lästet, könnte eine solche Abgabe wol auch noch vollends bezahlen, und von dem schädlichen Luxus, der auf solche Art mit dem Brennholze getrieben wird, bezug nehmen der Staat doch auch noch einen etwelchen Nutzen. Zu Wächtern dieser Verordnung könnten füglich die Kaminfeger bestellt werden,

VDMA

Energierferat

entscheidene Verbesserungen durch Wärmerückgewinnung, Wärme- und Kraftkopplung und Wärmespeicherung erzielen, allerdings unter Investitionsaufwand.

2. Reaktionen auf die veränderten Einflüsse

Der Betriebsablauf sollte nach und nach so koordiniert werden, daß die Lastnachfrage bei Wärme und Kraft vergleichmäßig wird. Für die Betriebsführung sollen produktspezifische Energieverbrauchsdaten Aufschluß über den aktuellen Stand und die Entwicklungsrichtung geben und als kalkulatorische Daten in die Kostenrechnung mit einbezogen werden. Diese Daten müssen zunächst einmal ermittelt, danach ständig kontrolliert und ggf. korrigiert werden. Geht man davon aus, daß in einem Betrieb bereits ein Rechnungswesen installiert ist, so geht es zunächst darum, wie dieses Instrument gestaltet werden soll, daß es eine Hilfe für Führungsentscheidungen im Energiebereich ist.

3. Die Elemente der Unternehmensführung (1) sind:

Genaue Kenntnis der Unternehmenssituation, verbunden mit dem Willen, bestehende Mängel zu beseitigen (Ist-Zustand).

Klare Vorstellungen darüber, was wie, wann und wo erreicht werden soll (Zieldefinition).

Die Umsetzung dieser Vorstellungen in das tägliche Unternehmensgeschehen (innerbetriebliche Maßnahmen).

4. Erfassung des Ist-Zustandes zur Senkung der Energiekosten

Die Erfassung der Energiedaten ist die Grundlage für alle weiteren Maßnahmen im Energiehaushalt eines Unternehmens. Jede betriebliche Aktion zur Senkung der Energiekosten setzt die Ermittlung eines Ist-Zustandes voraus.

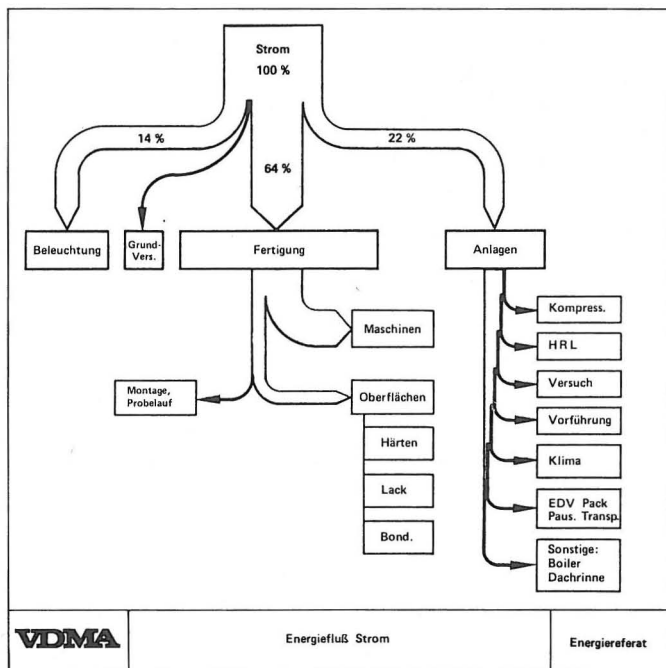
Bei einer Analyse des betrieblichen Energiebedarfs kann man zwei Hauptbereiche unterscheiden:

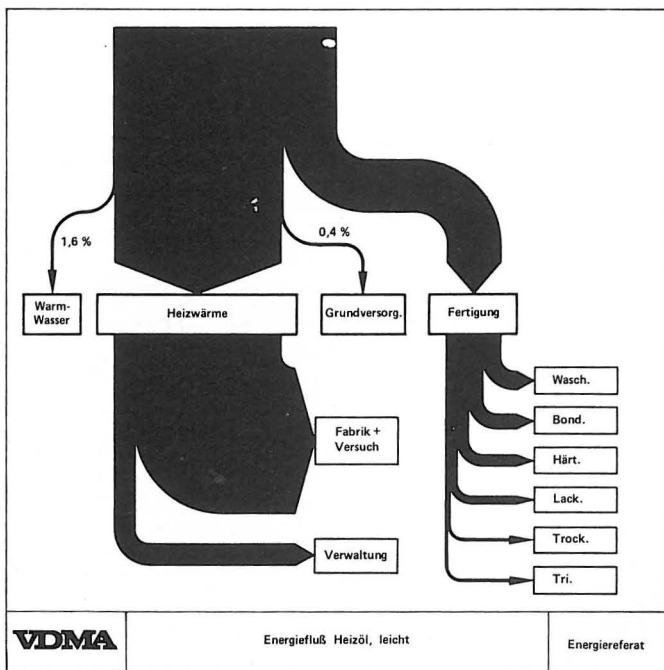
Die Betriebsanalyse befaßt sich mit der zeitlichen Entwicklung unter den Abhängigkeiten des gesamtbetrieblichen Energie- und Leistungsbedarfes, die Anlagenanalyse untersucht und beurteilt das energetische Betriebsverhalten einzelner Maschinen und Anlagen.

5. Langfristige Kontrolle des Energieverbrauchs erlaubt das Erkennen von Sachverhalten

Basis der Betriebsanalyse sind Aufschreibungen über den Energieverbrauch (Tage-, Wochen-, Monats-, Jahreswerte) und über den Leistungsbedarf.

Eine Trennung zwischen den Verbräuchen für Produktion und Heizung sollte erfolgen. Ebenso sind die entsprechenden Daten der Produktion als die in der Regel wichtigsten Einflußgrößen für den Energieverbrauch zu erfassen. Zu einer vollständigen Betriebsanalyse gehören auch Energieströme, die die Produktion in Form von Abwärme (Kühlwasser, Abgase, Lüftungen) verlassen. Eine grafische Darstellung der zeitlichen Entwicklung dieser Größen liefert eine Reihe wichtiger anschaulicher Informationen. Mit Hilfe der ermittelten Daten lassen sich nicht nur die Hauptverbraucher bestimmen,





sondern auch Stellen, an denen Energie offensichtlich verschwendet wird. Gleichzeitig werden Chancen für Abwärmenutzung und Wärmerückgewinnung transparent.

Eine Kontrolle des Energieverbrauches über einen längeren Zeitraum erlaubt das Erkennen von Sachverhalten wie zum Beispiel:

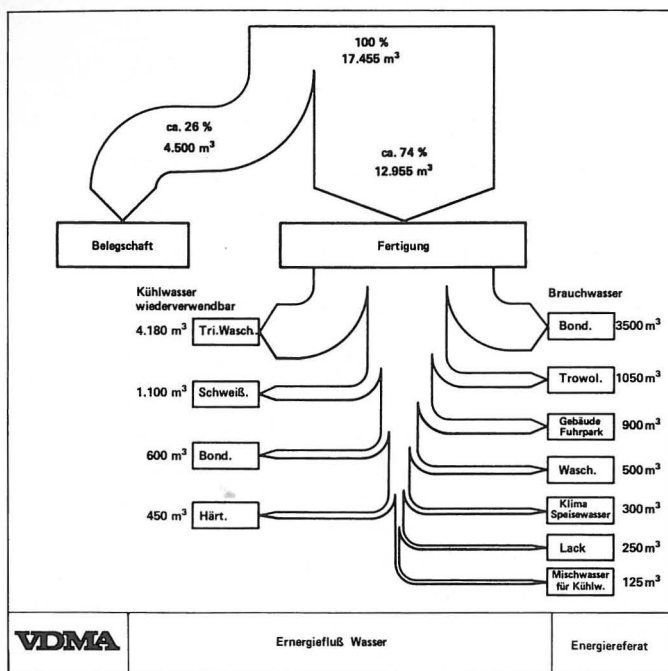
Ersatz eines Energieträgers durch einen anderen;
Änderung des Energiebedarfs je Produktionseinheit;
Abhängigkeit von der Jahreszeit.

Diese Erkenntnisse lassen frühzeitig die Steuerung des Energieträgereinsatzes und der Produktionsmethode je nach den Entwicklungen des Energiemarktes zu (Beispiel: der frühzeitige Einkauf von Öl, Kohle, Flüssiggas).

6. Einwandfreie Statistiken des Energieträgerverbrauches
können nur durch Messungen gewonnen werden

Da bei allen leitungsgebundenen Energieträgern (Strom, Gas und Wasser) die Versorgungsunternehmen Meßstellen installieren und den Verbrauch registrieren, ist die Erfassung des Verbrauches an leitungsgebundenen Energieträgern ohne Schwierigkeiten möglich.

Das Versorgungsunternehmen hat dafür Sorge zu tragen, daß eine einwandfreie Messung der leitungsgebundenen Energieversorgung gewährleistet ist. Es bestimmt Art, Zahl und Größe sowie Anbringungsort von Meß- und Steuereinrichtungen. Ebenso ist die Lieferung, Anbringung Überwachung, Unterhaltung und Entfernung der Meß- und Steuereinrichtungen Aufgabe des Unternehmens. Um es dem Kunden zu erleichtern, sein Verbrauchsverhalten auch im Interesse einer sparsamen Energieverwen-



dung zu überprüfen, sollen die Ablesezeiträume möglichst gleich sein.

Die Erfassung der festen und/oder flüssigen Brennstoffe ist demgegenüber schon wesentlich schwieriger. Für grobe Schätzungen genügt eine Saldierung des Einkaufes im Berichtszeitraum und des geschätzten Lagerbestandes. Genauere Angaben lassen sich jedoch nur durch innerhalb des Betriebes installierte Meßgeräte gewinnen.

Dies ermöglicht nicht nur, den Gesamtverbrauch an Energieträgern zu erfassen, sondern auch festzustellen, wie sich der Gesamtbedarf auf einzelne Betriebsabteilungen oder Kostenstellen verteilt. Zudem sind die Energiestatistiken des Statistischen Bundesamtes und der mit Energiefragen befaßten Fachverbände eine sehr gute Entscheidungshilfe bei der Planung von Erweiterungen oder Neuinstallationen. Sie zeigen auf, mit welcher Entwicklung des Energieverbrauches zu rechnen ist (2).

Der erforderliche Personalaufwand zur Erstellung einer guten Statistik wird in den meisten Fällen überschätzt. Denn durch eine sinnvolle Wahl der Meßstellen (evtl. zentrale Erfassung) und der Datenerfassung und einer überlegten Wahl der Auswertungsmethoden kann der zeitliche Aufwand gering gehalten werden.

Der Energieverbrauch wurde in den vergangenen Jahren und vielfach auch noch heute in der Mehrzahl der Unternehmen als möglicher Puffer für nicht direkt zuzuordnende Kosten betrachtet. Diese disponible Masse in eine direkt zuzuordnende Größe umzuwandeln dies ist die Aufgabe der Energiekostenerfassung. Entsprechend detailliert, wie die technischen Abläufe beschrieben werden können, entsprechend genau lassen sich die entstandenen Kosten zuordnen. Somit steht am Anfang jeder Energie-

kostenreduzierung die Analyse des Energieflusses zwischen der Übergabestelle (Strom, Gas, Fernwärme) und dem betrieblichen Endverbraucher (Maschine, Heizung, Lichtquelle); entsprechend der Abbildung 3.

7. Innerbetriebliche Energiekostenaufteilung

Zur Aufteilung der Energiekosten bieten sich drei Wege an:

die Messung, die Schätzung, der zweckmäßigste Schlüssel.

Bei der Verwendung von Meßgeräten sollte daran gedacht werden, daß ein Zähler nicht nur installiert, sondern auch - mit Folgekosten verbunden - abgelesen und gewartet werden muß. Die einfachste Lösung zur Erfassung von Verbrauchsmengen leitungsgebundener Energieträger, also von Strom, Gas und Fernwärme, eines bestimmten Betriebsbereiches oder einer größeren Betriebsanlage ist die Installation von Eintarif-Zählern. Die Versorgungsunternehmen bieten dem Verbraucher auch sogenannte Eintarif-Maximumzähler an. Diese Anlagen sollten dann installiert werden, wenn es sich um größere Anlagen oder Betriebsbereiche handelt, die unterschiedliche zeitliche und technische Leistungs- und Kapazitätsauslastungen haben. Bei größeren Anlagen kann es sinnvoll sein, im Einzelfall eine Erfassung und Umlage der speziellen, für Investitionen und Instandhaltung dieser Energieanlagen anfallenden Kosten durchzuführen.

Bei kleineren Anlagen oder Kostenstellen mit konstantem Leistungsbedarf, aber schwankendem Einsatz, genügen eine einmalige Leistungsaufnahme und der Einsatz eines Betriebsstundenzählers. In periodischen Abständen sollten einzelne Anlagenteile

einer Prüfung unterzogen werden. Hierzu eignet sich insbesondere ein transportabler Meßsatz, der auch nebenbei Aufschlüsse über den Verschleiß von Anlagen liefert.

Ein Beispiel für die Zusammenstellung eines solchen Meßsatzes, der sich für Betriebe, die einen höheren Elektrizitätsverbrauch als 1 000 000 kW/Jahr haben, bald bezahlt macht, finden Sie nachstehend ein Drehfeldrichtungsanzeiger, zwei Stromwandler, ein I²t-Zähler, ein Spannungswandler, ein Wirkleistungsschreiber, ein Blindleistungsschreiber, ein Wirkverbrauchsähler, ein Blindverbrauchsähler.

Eine Umlageberechnung über Durchschnittskosten aus den Energiebezugsrechnungen ist nur dann vertretbar, wenn bei allen Kostenstellen gleiche oder ähnliche Bedarfsverhältnisse vorliegen.

Jedes Umlageverfahren unter Zuhilfenahme von Ersatzgrößen (z.B. Nutzfläche usw.) ist mit Mängel behaftet. Da sich in jedem Verbrauchsbereich immer wieder Veränderungen ergeben, sollte man die Umlageschlüssel von Zeit zu Zeit auf ihre Richtigkeit überprüfen.

Die praktische Erfahrung bei Betriebsbegehungen hat gezeigt, daß eine Analyse bereits gravierende Mängel in der Energieversorgung eines Unternehmens zu Tage fördert.

8. Arbeitsunterlagen zur Energiedatenerfassung

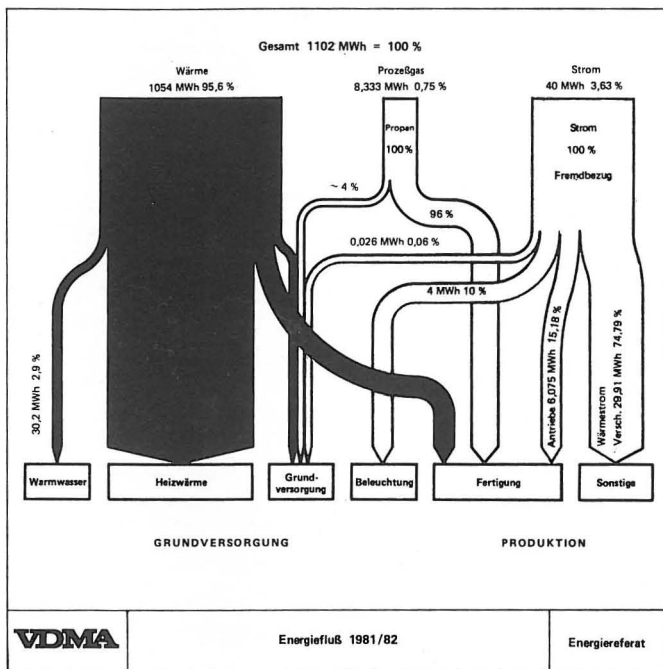
Von Energieexperten wird empfohlen, sich anhand von Checklisten eine Energiedatenerfassung auszuarbeiten, die zunächst dazu dienen soll, den Energieverbrauch sowie etwa vorhandene Abwärmequellen darzustellen. Es wird sich bestimmt lohnen, diese Unterlagen sorgfältig durchzugehen und sie auf die Verhältnisse zutreffende Daten zusammenzutragen,

auch wenn zunächst noch Lücken zurückbleiben sollten. Wo Unterlagen fehlen, werden Rückfragen beim Ersteller der eingesetzten technischen Gebäudeausrüstung nicht zu umgehen sein. Die Versorgungsunternehmen sind so ausgestattet, daß sie diese Werte liefern können, die mit den normalen Möglichkeiten des Betriebes nicht zu ermitteln sind. So erhält der Verantwortliche ein klares Bild von der augenblicklichen Energiesituation. Vermutlich fallen beim Durcharbeiten einer Energiedatenerfassung bereits verschiedene Einrichtungen auf, an denen man den Hebel zur Senkung des Energieverbrauches ansetzen müßte.

Um jedem Betriebsverantwortlichen die Möglichkeit zu einer Übersicht über die Energiekosten zu geben, sollte man ein solches Arbeitsblatt (Energieflußdiagramm) zusammenstellen. Diese Arbeitsunterlage gibt die Möglichkeit, einen Gesamtüberblick über den Energieverbrauch des Betriebes zu erhalten und darüber hinaus eine verwendbare Unterlage für das Gespräch mit einem Energieberater zur Verfügung zu haben. Das Ziel sollte es jedoch weiterhin sein, anhand des festgestellten Ist-Zustandes zukünftige Möglichkeiten zur rationellen Energieverwendung im Betrieb zu ergreifen. Mit den Energieflußdiagramm lassen sich Verknüpfungen bei einzelnen Wärmeprozessen aufzeigen und damit Umstellungsmaßnahmen planen.

9. Eine zwingende Voraussetzung - klare Abtrennung der Kostenarten

Wenn eine Kostenartenrechnung wenigstens einfachen Anforderungen genügen soll, so sind klare Abgrenzungen der in Frage kommenden Kostenarten



- ☐ zeigt nur die Richtung des
des Energieflusses an
 - ☐ fehlt das Zeitelement
(Wiederverwertbarkeit von Abwärme)
 - ☐ berücksichtigt nicht
Temperatur und
Druck
- damit bleibt
Arbeitsfähigkeit oder Wertigkeit der
Energie unberücksichtigt

1983

VDMA

Nachteile Energieflussdiagramm

Energierferat

eine zwingende Voraussetzung. Die Informationen über die Kosten des Energieverbrauches sind einzelnen Kostenstellen zuzuordnen. Daraus ergibt sich für die Nutzer der Kostenstellen eine Verstärkung der Kostenverantwortung, die langfristig zu einer Verbesserung der Kostenstruktur führt. Um die angesprochenen Energiekosten in den Griff zu bekommen, ist es zwingend notwendig, die einzelnen Kostenstellen des Betriebes sauber gegeneinander abzugrenzen.

Der unter der Rubrik Gemeinkosten fallende Anteil der Energiekosten sollte keinen zu großen Umfang erhalten. In einem solchen Fall kann die Kostenstellenrechnung ihrer eigentlichen Aufgabe nach Information zur Kostenbeeinflussung kaum gerecht werden und es bleibt bestenfalls die Möglichkeit einer im Ergebnis umstrittenen Ermittlung von Gemeinkostenzuschlägen für die Zwecke einer Vollkostenkalkulation. Auch die an anderer Stelle noch zu beschreibende weitere Aufgabe des Kostenrechnungswesens, die Kostenplanung, wird durch eine derartige mangelhafte Abgrenzung negativ beeinflusst.

Klare Entscheidungen müssen auch in der Frage getroffen werden, ob den einzelnen Kostenstellen durch das Rechnungswesen nur die direkt zu-rechenbaren und direkt zu verantwortenden Kosten zugewiesen werden oder ob darüber hinaus die im Wege einer Kostenumlage zu erteilenden Kosten der Hilfskostenstellen den Hauptkostenstellen mitgeteilt werden.

Dabei gilt es abzuwägen zwischen dem Wunsch, einerseits die Aufmerksamkeit auf die von dem jeweiligen Kostenstellenleiter direkt beeinflussbaren Kosten zu konzentrieren oder andererseits durch

eine Darstellung auch der mittelbar verursachten Kosten das Kostenbewußtsein zu verbessern.

10. Kostenstellenrechnung und Kostenträgerrechnung
verlangen immer nach einer Kostenverteilung

Die wichtigsten Aufgaben des betrieblichen Rechnungswesen auf der Basis von Ist-Kosten sind: Ist-Aufnahme zur Ermittlung des Betriebsergebnisses (Periodenergebnis).

Kontrolle der Kostenverursachung im Rahmen der Kostenstellenrechnung

Vorbereitung der Kalkulation im Rahmen der Kostenträgerrechnung.

Die Kostenstellenrechnung und die Kostenträgerrechnung verlangen immer nach einer Kostenverteilung der angefallenen wie auch der zu erwartenden Kosten. Nach einer sorgfältigen Analyse des Ist-Zustandes ist die Durchführung der Kostenstellenrechnung leicht zu bewerkstelligen. Eine Schwierigkeit stellt die Prognose der zukünftig zu erwartenden Kosten insbesondere auf dem Energiesektor dar. Ein besonderes Problem sind dabei auch die Gemeinkosten, deren Bewältigung insbesondere im Rahmen der Kalkulation eine wichtige Vorentscheidung für die Ergebnissteuerung darstellt. Es stehen im wesentlichen die Möglichkeiten der Vollkostenrechnung und der Teilkostenrechnung zur Verfügung.

Bei der Einbeziehung der Energiekosten in die Vollkostenrechnung können folgende Fragen beantwortet werden:

Welchen Anteil an Energiekosten verursacht die einzelne Kostenträgerart und der einzelne Kostenträger?

Wie stark ist der Gewinn beziehungsweise Verlust durch die Energiekosten der einzelnen Kostenträger belastet?

Welchen Energieanteil besitzt das einzelne hergestellte Produkt am Gesamtenergieanteil des Betriebes? Welche Produkte, die mit energiesparenden Maßnahmen produziert wurden, sollten forciert und welche gedrosselt oder gestrichen werden, deren Energieanteil überproportional groß geworden ist?

Das Beispiel einer solchen Erfassung der Stromkosten ist in der Jahresübersicht Stromverbrauch, -preise und -kosten wiedergegeben, die zu den Kennzahlen Jahresdurchschnittspreis, Jahresbenutzungsdauer und verrechnete Jahresbenutzungsdauer hinführt.

Die Vorgehensweise dieses Kostenrechnungssystems wird dabei von der Fiktion bestimmt, daß zumindest mit annähernder Genauigkeit eine hundertprozentige verursachungsgerechte Kostenverteilung auf alle produzierten oder zu produzierenden Kostenträger möglich ist. Soweit es sich um Einzelkosten, zum Beispiel Fertigungsmaterial, handelt, ergeben sich kaum Probleme bei der Bewertung der Energieanteile. Bei den Kostenträgergruppenkosten, zum Beispiel Abschreibungen einer nur für einen einzelnen Kostenträger genutzten Maschine, fangen die Probleme an. Hier löst man die Schwierigkeiten durch Vorgabe von Prämissen in Form von zu erwartenden Stückzahlen oder der voraussichtlichen Nutzungsdauer. Die Gefahr bei dieser Kostenrechnungsart besteht darin, daß wiederum dem Posten Gemeinkosten zu viele Beiträge zugeschlagen werden und damit eine objektive Kostenbewertung verhindert wird. Die erhoffte Entscheidungshilfe, zum Beispiel hinsichtlich Forcierung oder Drosselung eines

Produktes, ist in Wirklichkeit nicht selten eine Fehlinformation, die zu einer unerkannten Fehlentscheidung führt. Auch die Gefahren für eine aufgrund der Vollkosteninformation bewirkte Preispolitik dürften nicht unterschätzt werden.

Das Anliegen der Teilkostenrechnung ist es, Antworten auf die folgenden Fragen zu geben:

Wie groß sind die von einer einzelnen Kostenträgerart verursachten Energiekosten?

Welchen Beitrag zur Verminderung von Verlusten insgesamt, Energiekosten im besonderen oder zur Erhöhung von Gewinnen leistet der einzelne Kostenträger?

Wie ist die Wertigkeit der einzelnen Kostenträger zueinander?

Wo liegt die unterste Preisgrenze der einzelnen Kostenträger?

Die Teilkostenrechnung bietet die Möglichkeit, die Energiekosten zweifelsfrei dem einzelnen Kostenträger zuzurechnen. Durch Verzicht von Kostenverteilungsschlüsseln werden die Erlöse und Kosten weitgehend kontrollierbar gemacht. Nur unter Zuhilfenahme von Kostenverteilungsschlüsseln verteilbare Kosten bleiben unverteilt. Hier bietet sich die Möglichkeit, über eine längere Periode hinweg den Anteil der energiebezogenen Gemeinkosten stufenweise zu reduzieren und damit von dem bisher nicht quantifizierbaren Energiekostenanteil wegzukommen. Die einzelnen Posten werden addiert und das Ergebnis der von allen Kostenträgern zu erwirtschaftenden oder erwirtschafteten Deckungsbeiträge gegenübergestellt.

Hierbei handelt es sich im Fall einer positiven Differenz um den Periodengewinn oder bei einer negativen Differenz um den Periodenverlust.

Anders als die Vollkostenrechnung vermag die Teilkostenrechnung auch weitgehende Aufgaben für die Beobachtung der Energiekosten zu bewältigen. Die Entscheidung zwischen Fremdbezug oder Eigenfertigung bei voller Kapazitätsauslastung oder bei Unterbeschäftigung ist leichter möglich.

Auch energiekostenintensive Produktionen, die aufgrund des hohen Preisniveaus eines speziellen Energieträgers besser in einer ausgelagerten Produktion durchgeführt werden könnten, lassen sich besser übersehen. Für die wenigen Fälle, in denen die Kenntnis der Vollkosten unverzichtbar ist (z.B. Bestandsbewertung in der Bilanz, Schadensermittlung bei Versicherungsschäden, Preiskalkulationen für Aufträge der öffentlichen Hand), läßt sich mit relativ einfachen Mitteln fallweise der Übergang von der Teilkostenrechnung auf die Vollkostenrechnung durchführen. Die Aussagefähigkeit der Teilkostenrechnung muß hierunter nicht leiden.

11. Die Teilkostenrechnung ist sicher keine umfassende Lösung für alle Probleme des Rechnungswesen

Im Bereich der Energieversorgung eines Unternehmens scheint sie jedoch die angemessene Lösung zu sein, da die rechnerische Berücksichtigung von sogenannten Engpaßproblemen für einen Unternehmensbereich nicht auftritt. Bei der Berücksichtigung der Versorgung des Unternehmens mit Energie spielt die Frage des optimalen Energieeinsatzes die entscheidende Rolle. Ist die Wahl auf einen Energieträger gefallen, so wird das Unternehmen mit diesem Energieträger über eine längere Zeit leben müssen. Ist ein Unternehmen ausschließlich auf den Fremdbezug von Energie an-

gewiesen, so wird es bei der Wahl der Energieträger jeweils den Energieträger bevorzugen, der aktuell zum günstigsten Preis verfügbar ist. Allerdings werden die Unternehmen durch die vertragliche Bindung mit den Versorgungsunternehmen daran gehindert, diesen Spielraum voll auszunutzen. Die Teilkostenrechnung eignet sich als flexibles Instrument zur ständigen Überprüfung der Energieversorgungsverträge. Die beidseitigen vertraglichen Bindungen sollten daher nicht über zu lange Zeiträume getroffen werden. Die Chance für jedes Unternehmen besteht darin, sich den ihrer aktuellen Energiesituation gemäßen Energieversorgungsvertrag zu schaffen.

Die Wahl des Energieträgers, der sich am günstigsten rechnet, hängt in einem Betrieb im allgemeinen von den technischen Gegebenheiten des Produktionsablaufes ab. Damit sind die Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Wahl zwischen den einzelnen Energieträgern prinzipiell schon stark eingeschränkt. Dennoch sollte von Zeit zu Zeit überprüft werden, ob eine andere Möglichkeit zum Übergang auf einen anderen Energieträger zwischenzeitlich möglich geworden ist. Die Änderung der regionalen Versorgungsstruktur mit leitungsgebundenen Energieträger (z.B. die Wärmebelieferung durch Fernwärme) gibt den einzelnen Unternehmen mehr Spielraum für die Wahl ihres wirtschaftlichsten Wärmeversorgungssystems. Solche Investitionsentscheidungen, die zu einer langen vertraglichen Bindung führen, lassen sich für die einzelnen Kostenstellen unmittelbar überprüfen. Eine Investition in eine geänderte Energieversorgung läßt sich rascher und damit marktgerechter kontrollieren.

12. Entscheidungshilfen für Sonderfälle

So wünschenswert ein solches Universalwerkzeug auch immer ist, sie erweisen sich in Sonderfällen den Spezialwerkzeugen unterlegen. Dies gilt auch für dieses Instrument des Rechnungswesen. Ein zeitgemäßes Rechnungswesen muß Spezialfälle verdeutlichen und mit geeigneten Lösungshilfen fachgerechte Entscheidungen ermöglichen. Bei einer größeren Energieinvestition (z.B. Übergang zur Eigenversorgung durch Wärme-Kraft-Kopplung) erweist sich die rentabilitätsorientierte Kostenrechnung als ungeeignet. Hier empfiehlt sich das Cash-Flow-Instrument, das an die Stelle von Kosten und Erlösen direkt zurechenbare Ausgaben und direkt zurechenbare Einnahmen setzt, als geeigneter. Dieses Instrument gibt entscheidende Informationen über die liquiditätswirksamen Finanzierungsmöglichkeiten im Unternehmen (6).

Für diese mehr oder weniger einmaligen Sonderfälle bei der Umstellung eines Betriebes auf einen anderen wirtschaftlicheren Energieträger können besondere Methoden der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung herangezogen werden. Dabei kann es sich gleichermaßen um die Beurteilung von Investitionsalternativen, um die Ermittlung der Amortisationsdauer oder die Errechnung des optimalen Erneuerungszeitpunktes (z.B. von Energieversorgungsanlagen) von Investitionen handeln.

Für alle diese Fälle sollte das innerbetriebliche Rechnungswesen gerüstet sein, um zusammen mit den in der Produktion tätigen Technikern die energetischen Schwachstellen im Betrieb sukzessive auszumerzen. Bisher ist das Feld der Energieeinsparung alleine den Ingenieuren überlassen worden, deren Gesichtspunkte zunächst auf die konstruktiven

Änderungen und die direkte Einsparung von Energie mit Hilfe technischer Möglichkeiten im Unternehmen gerichtet waren.

Das innerbetriebliche Rechnungswesen bietet die Möglichkeit, die Effizienz dieser technischen Maßnahmen kontinuierlich zu verfolgen, um damit langfristig dem Ziel der wirtschaftlichen Optimierung des Energieeinsatzes im Betrieb näherzukommen.

13. Energieaufwand als kostenverursachende Größe

Um eine bessere und fortlaufende Vergleichsmöglichkeit zu haben, bezieht man den Energieaufwand - als kostenverursachende Größe - auf effektive Produktionsleistungen im gleichen Zeitraum, zum Beispiel:

kWh	oder	m ³ Gas
kg Dampf		t Fertigstück

Unter gleichbleibenden technischen Bedingungen kann so die Wirtschaftlichkeit eines Produktionsprozesses beziehungsweise die Minimierung des Mitteleinsatzes kontrolliert werden. Bei kritiklosem Vergleich dieser Beziehungszahlen können jedoch Fehltritte zustandekommen. Dies ist auch bei betrieblichem Vergleich der Fall. So darf beispielsweise ein Betriebsleiter eines Druckereibetriebes nicht sämtliche Bemühungen, den Stromverbrauch zu reduzieren, einstellen, nur weil die Betriebsbedarfswerte weit unter dem Branchenmittel liegen, zum Beispiel hinsichtlich des Stromeinsatzes je gefertigtem Stück. Dieser Wert berücksichtigt nämlich nicht den Mechanisierungsgrad, den Dampfverbrauch, das Sortiment und ähnliches.

Die Verbrauchskennzahlen bilden gleichsam eine Momentaufnahme von sich stets mit Auslastungs- beziehungsweise Nutzungsgrad ändernden Verbrauchskennlinien, wie sie grafisch aufgetragen werden können.

Zusammengefaßt sind die wichtigsten Gefahrenmomente, die in der Anwendung der Kennzahlen liegen können, folgende:

mangelnde Aussagefähigkeit,

falsche Interpretation,

durch mangelhafte Homogenität

oder Mängel in der zeitlichen Übereinstimmung mit Vergleichszahlen bewirkte unzureichende Vergleichbarkeit

und durch die Bildung von Durchschnittswerten verschleierte Kompensation von extremen Abweichungen, die zum Teil saisonaler Natur sein können.

$$E_Z = \frac{\text{Kilogramm Öl}}{100 \text{ Einheiten erzeugtes Produkt}}$$

$$E_W = \frac{\text{verbrauchte Wärmeeinheit}}{\text{Erzeugungseinheit}}$$

$$E_L = \frac{\text{mittlere Kohle/Öl-Umschlagsdauer}}{\text{Tage}}$$

VDMA

BEISPIEL FÜR ENERGIEKENNZAHLEN

Energierferat

14. Umgang mit Kennzahlen

Geht man den Weg zur Beschreibung des Energieverbrauches im Betrieb über die Kennzahlen, so sollte man den richtigen Umgang mit den Kennzahlen beachten:

Schaffen Sie Klarheit über den durch Kennzahlen zu beschreibenden Sachverhalt und prüfen Sie daraufhin kritisch und eindeutig den Informationsgehalt der ausgewählten Kennzahlen; verlassen Sie sich dabei nicht auf Gepflogenheiten anderer oder eigene Erfahrungen.

Beachten Sie die Stichtagsproblematik einzelner Kennzahlen und prüfen Sie daraufhin, inwieweit die Kennzahlen für einfließende Stichtagswerte repräsentativ sind.

Berücksichtigen Sie, daß Durchschnittswerte Extremwerte kompensieren.

Prüfen Sie die Eignung von Bezugswerten zur Gewinnung von relativen Kennzahlen (7) (Indexzahlen - Verbände, Standesorganisationen usw.)

Prüfen Sie, inwieweit einzubeziehende Vergleichswerte anderer Unternehmen zeitkongruent und homogen in der Zusammensetzung sind (Branchenkennziffern vergleichen).

Verdeutlichen Sie sich und anderen die begrenzte Aussagefähigkeit aller Kennzahlen.

Fassen Sie die erstellten Kennzahlen in Perioden in grafischer Form zusammen.

15. Übersicht über Rationalisierungsfortschritte

Der Vollständigkeit halber soll erwähnt werden, daß für eine gute Trendaussage sich die grafische Darstellung am besten eignet. Je nach beabsichtigter

Aussage und vorhandenem Zahlenmaterial empfehlen sich folgende Diagrammarten:

Das Punktdiagramm dient zur Darstellung einzelner Werte über einen Zeitablauf und zur Eintragung von Wertpaaren in einem Koordinatensystem.

Das Strichdiagramm macht die Zugehörigkeit des einzelnen Meßwertes zum Ort, Objekt oder zur Zeit der Messung deutlich. Es eignet sich für die Gegenüberstellung von Kennwerten einzelner Anlagen und Maschinen.

Das Blockdiagramm dient zur Darstellung von Zeitreihen mit Mittel- oder Dauerwerten (z.B. mittlere Stundenleistungen). In der Energiewirtschaft findet es zur Aufstellung von Gang- und Dauerlinien Anwendung.

Das Flächendiagramm gibt die Möglichkeit, prozentuale beziehungsweise relative Vergleiche zwischen den Summanden eines Wertes durchzuführen.

Das Körper- oder Kreisdiagramm stellt den Anteil am Gesamtwert in Form von Winkeln von Sektoren dar. Die Ganglinie stellt den Verlauf des Strombedarfes über die Zeit dar. In der Energiewirtschaft werden meist Viertelstundenleistungen aufgetragen, da sie maßgebend für die berechnete Spitzenlast sind. Die Ganglinie ist als wichtigstes Instrument zur Leistungsprogrammierung im Betrieb gut bekannt.

Über die Ganglinie kommt man zur Dauerlinie. Sie zeigt, wie lange innerhalb eines bestimmten Betrachtungszeitraumes eine bestimmte Belastung aufgetreten ist. In der Praxis wird man die Dauerlinie für einen charakteristischen Monat oder für ein Jahr aufstellen.

Diese Methoden dienen langfristig dazu, einen Überblick über den Energieverbrauch des gesamten Betriebes zu behalten. Hierzu eignen sich auch die Methoden der elektronischen Datenverarbeitung, die

die genannten Verbrauchskennzahlen auch während des Betriebes (online) speicherbar und damit der direkten Verarbeitung zu jedem Zeitpunkt zugänglich machen. Vergleiche einer großen Datenmenge mit alten Datensätzen (z.B. aus der Ist-Aufnahme) werden so ermöglicht (8).

16. Energieeinsparung mit technischen Informationssystemen

Die sprunghafte Energiepreisentwicklung der letzten Jahre mit ihren großen Preissprüngen zwischen 1973 und 1974 und 1978 zwangen die Energiefachleute, neue Denkansätze zu verfolgen. Die zunehmende Energieverknappung erfordert besondere Maßnahmen zur Energieeinsparung. Eine der schnellsten und wirkungsvollsten Maßnahmen ist die Nutzung der Möglichkeiten, die die elektronische Datenverarbeitung heute bietet. Noch vor wenigen Jahren blieb der Einsatz technischer Informationssysteme aus Kostengründen der Automatisierung technischer Großprozesse vorbehalten. Die Optimierung der Prozeßbeobachtung und Prozeßbedienung bei verfahrenstechnischen Abläufen hat heute im Anlagebau bereits ein hohes Niveau der Informationsbearbeitung erreicht. Erhöhte Anforderungen an die Sicherheit, rasche Steuerbarkeit und vollständige Automatisierung lenkten die Entwicklung in Richtung kommunikationsfreundlicher Bearbeitung der angebotenen Informationen.

Die technologische Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleiter und ihre Auswirkung auf die Mikroelektronik haben uns den immer preiswerter werdenden kleinen Bruder des Prozeßrechners, den Mikroprozessor, beschert, und das glücklicherweise in einer Zeit unverhältnismäßig stark angestiegener

Energiekosten und zunehmender Umweltbelastung. Mit der technischen Ausführung des Mikroprozessors alleine, also mit der Hardware, sind, wie man weiß, noch keine nennenswerten Energieeinsparungen zu erzielen.

17. Elektronik eröffnet neue Möglichkeiten

Der verbreitete Einsatz all der denkbaren Möglichkeiten, die heute allerdings lediglich abgeschätzt werden können, zeigt zukünftig Einspargrößenordnungen zwischen 10 und 25 Prozent auf. Noch vor fünf Jahren gaben die Energiefachleute den Einsparmöglichkeiten durch Mikroelektronik volkswirtschaftliche Einsparmöglichkeiten in der Größenordnung von 5 Prozent an. Viele der neueren Studien sprechen von Amortisationszeiten von ein bis drei Jahren, die dann die angegebenen großen Zahlen durchaus rechtfertigen.

Grundlage solcher Überlegungen wäre die Verwirklichung eines umfassenden Energie-Informationskonzepts. Ein derartiges Konzept läßt sich am wirkungsvollsten in den Bereichen Energieversorgung, Industrie und Verwaltung verwirklichen. In gewissen Teilen ist es bis auf den Bereich der Haushalte, die ein großes Energieeinsparpotential besitzen, übertragbar. Eine vorsichtige Schätzung der Reduzierung des Energieverbrauchs für die einzelnen Bereiche beim Einsatz der heute zur Verfügung stehenden Technologien in der Mikroelektronik (d.h. vom Einsatz des intelligenten Sensors bis zum Großrechensystem) könnte wie folgt aussehen:

Im Druckereibetrieb gehen im Bereich der Umwandlung und Verteilung 13 bis 22 Prozent der Energie verloren. Hierbei geht es um die optimale Last-,

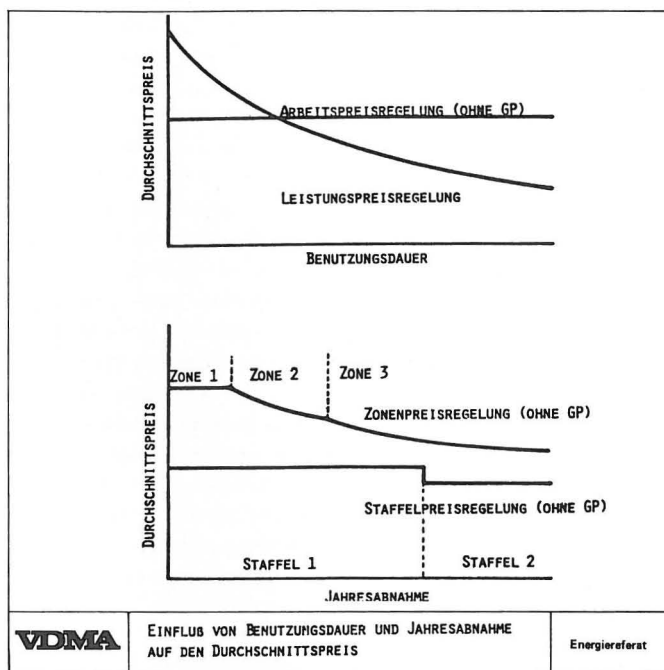
Netz- und Wirkungsgradoptimierung bestehender Anlagen der Energieversorgung.

Im Bereich des Verkehrs schätzt man ein Potential zur Energieeinsparung von 10 bis 13 Prozent, wobei der Mikrocomputer zur Kontrolle des Kraftstoffverbrauchs, des optimalen Verkehrsflusses und der direkten Steuerung einzelner Betriebsabläufe Verwendung finden kann.

Im Industriebereich herrschen relativ klare Vorstellungen, welche direkten Einsatzmöglichkeiten ein Mikroprozessor für die Energiereduzierung bieten könnte. Der Direkteinsatz dieser Technologie wird kurzfristig zu 15 bis 25 Prozent des jetzigen Energieverbrauchs führen.

18. Energiepreisentwicklung auch abhängig vom Verbrauch

Im ersten Teil (Punkt 1-5) sind die aktuell möglichen Themen aufgeführt, die sich einer Betriebsführung bieten, um zu einem günstigeren Energieverhältnis zu kommen. Besitzt eine Betriebsleitung nun alle die hier aufgeführten Unterlagen, so kann sie über die Energiekosten den Verbrauch und den optimalen Einsatz steuern. Die elektronischen Datensysteme bieten zum ersten Mal in der Geschichte der Betriebstechnik auch die Möglichkeit, eine Schwachstellenanalyse über die Energiekosten beziehungsweise den Energieverbrauch zu ermöglichen. Damit ist die Überwachung des Energieverbrauchs in eine höhere Dimension, nämlich die der Informationsverarbeitung getreten. Die Informationen über den betrieblichen Energieverbrauch bilden die Grundlage für die Verhandlungen mit dem Energieversorgungsunternehmen (8).



VDMA

EINFLUSS VON BENUTZUNGSDAUER UND JAHRESABNAHME
AUF DEN DURCHSCHNITTSPREIS

Energierreferat

19. Anpassung der Vertragsstrukturen an die jeweilige Energieverbrauchssituation ist erforderlich

Der tatsächliche Energieverbrauch muß laufend ermittelt werden. Ist dieser jedoch bekannt, so kann der jeweilige Energievertrag (Strom, Gas, Fernwärme und Wasser) an die Betriebsstruktur optimal angepaßt werden. Eine einseitige Behandlung des technischen Energieflusses gegenüber dem vertraglichen Energiefluß bringt nicht den kostenoptimalen Energieeinsatz. Für den einzelnen Betrieb steht nicht der optimale Stromeinsatz beziehungsweise der optimale Öleinsatz im Vordergrund, sondern die Minimierung der Energiekosten für den gesamten Betrieb. Hierbei spielen die Vertragsgesichtspunkte eine außerordentlich wichtige Rolle. Daher empfiehlt es sich, für diesen Bereich einen Energiekostenbeauftragten zu ernennen, der unmittelbar der Geschäftsführung unterstellt sein sollte. Diese Position gewährleistet ein Zusammenwirken des technischen Energieablaufs und des vertraglichen Energieflusses. Die Energieversorgungsunternehmen sind bei einer Vertragsverhandlung in einer außerordentlich starken Position, und dies vor allen Dingen deshalb, weil sie über die Verbrauchsdaten sehr genauen Einblick in die Verbrauchsstruktur des einzelnen Unternehmens besitzen; häufig weitaus tiefer als der Betreiber der Anlagen selbst.

Darüber hinaus besitzen sie die Kenntnis der Vertragsstrukturen, die vom Verbraucher in den meisten Fällen nicht häufig genug nachgefragt werden. So ergibt sich bei einer bestimmten Anzahl des betrieblichen Strombezugs und der hierzu gehörigen Benutzungsdauer (ausgedrückt in Stunden pro Jahr) eine bestimmte Vertragsstruktur. Diese Vertrags-

struktur kann nach Kenntnis des betrieblichen Bedarfs und der zukünftigen Entwicklung angepaßt werden. Im Bereich der Gewerbe- und Sonderabnehmer-Vertragsstrukturen muß der optimale Vertrag bei Zunahme des Stromverbrauchs neu ausgehandelt werden. Dies ist allerdings erst dann möglich, wenn der Verbraucher über die aktuell angebotenen Stromvertragsstrukturen genaue Kenntnis besitzt. Zwischenzeitlich haben die Energieversorgungsunternehmen und einige Verbände für etwas mehr Transparenz auf dem Gebiet der angebotenen Strom-Vertragsstrukturen gesorgt. Diese Transparenz fehlt bisher beim Bezug von Gas und Fernwärme. Lediglich einige Stichtagsuntersuchungen der Energieverbraucher-Verbände und der regionalen Industrie- und Handelskammer geben etwas Einblick in die Strom-, Gas- beziehungsweise Fernwärmepreise, die vom Sonderabnehmer bezahlt werden müssen.

20. Welche Konsequenz sollte der betriebliche Abnehmer hieraus ziehen?

Bei Abschluß des Rechnungsjahres (Jahresschlußrechnung) sollten automatisch die vorhandenen Vertragstypen von seiten der Versorgungsunternehmen nachgefragt werden.

Ein Vergleich mit den Verbrauchsdaten des Vorjahres zeigt, ob ein drastischer Einbruch beziehungsweise ein drastischer Anstieg zu verzeichnen war. Hieraus muß der Schluß gezogen werden, ob eine vertragliche Neuanpassung vorgenommen werden soll oder nicht.

Die Beobachtung der Stichtagsuntersuchungen in Kombination mit aktuell ausgerechneten Vergleichswerten der regional vergleichbaren Abnehmer

durch unabhängige Energieberater zeigen dem Abnehmer, ob er eine Vertragsanpassung vornehmen muß.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Sondervereinbarungen, die häufig regional, verbrauchsabhängig sind und insgesamt zu einer Kostenverbesserung beim Energiebezug führen. Diese Aussage gilt insbesondere für den leitungsgebundenen Energieträger.

Bei den nicht leitungsgebundenen Energieträgern stellt sich häufig die Frage der Überprüfung der laufenden Abnahmeverträge. So sollten beispielsweise in periodischen Zeitabschnitten die Wartungsverträge von Flüssiggasfirmen miteinander verglichen werden.

Die Überlegung, feinvermahlene Braunkohle als Energieträger für bestimmte Verwendungszwecke einzusetzen, sollten hin und wieder überprüft werden; so kann der 'drohende' Einsatz eines neuen Energieträgers dazu führen, die etablierten Lieferanten zu einer Änderung der Preisstruktur zubeugen.

Die Durchführung einer solchen Aufgabe bedeutet für einen Betrieb den Einsatz eines qualifizierten Mitarbeiters, der Kenntnis von den technischen Gegebenheiten innerhalb des Betriebes hat und zugleich die vertraglichen Gesichtspunkte im Auge behält. Darüber hinaus sollte bei künftigen Entscheidungen über Neukauf von energieverbrauchenden Produktionseinrichtungen der Rat dieses Mitarbeiters eingeholt werden.

21. Energiereduzierung führt häufig zu Materialreduzierung

Die Möglichkeit, mit dem Energiesparargument Reklame zu machen, ist noch nicht bis in alle Branchen gedrungen.

Ein Mitarbeiter, der aus dem Gesichtspunkt des Energiefachmannes heraus eine betriebliche Aufgabe zu beurteilen hat, bringt eine Reihe neuer Argumente ins Spiel. Da zum Beispiel die Energiereduzierung häufig ebenfalls zu einer Materialreduzierung führt, macht sich der Einsatz eines mit dem Energieblick ausgestatteten Mitarbeiters doppelt bezahlt.

Über das Qualifikationsprofil eines solchen Mitarbeiters gibt es eine Untersuchung der Technischen Universität Berlin (10).

Die laufende Information über technische Verbesserungen und die Möglichkeit einer vertraglichen Anpassung wird durch den Einsatz eines derartig geschulten Mitarbeiters gewährleistet. Ist dies nicht möglich, so sollten sich die Betriebe eines externen Beraters bedienen. Die Einschaltung externer Berater verhindert Betriebsblindheit. Außerdem können externe Berater, da sie häufig in vergleichbare Betriebe kommen, den Betrieb über Kennzahlen auf das Energiekostenminimum hin steuern.

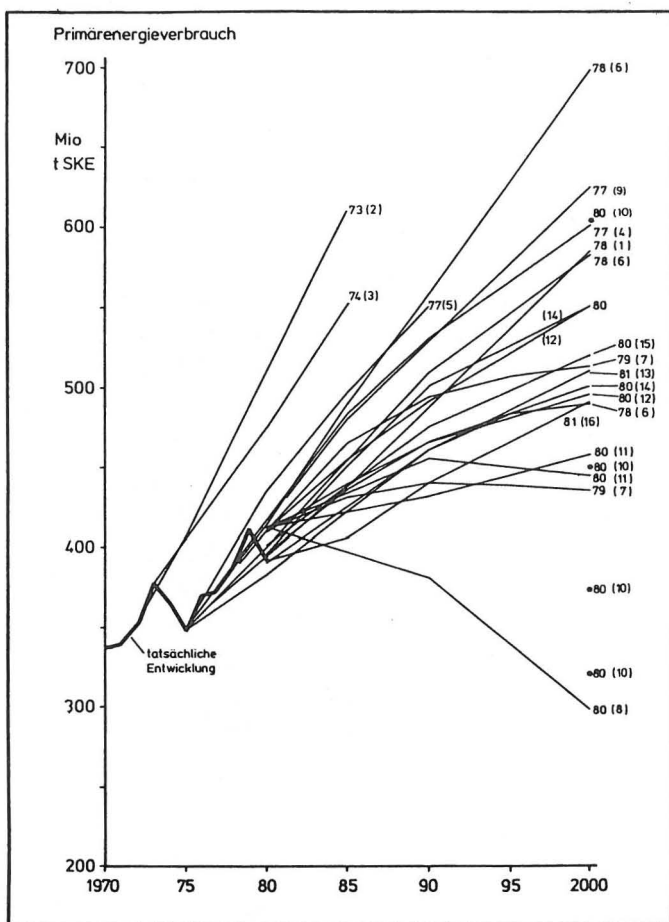
Die Einschaltung externer Berater wird durch ein Zuschußprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft gefördert. Ein rationeller und sparsamer Energieverbrauch ist sowohl gesamtwirtschaftlich als auch für den einzelnen Betrieb von großer Bedeutung. Einerseits kann dadurch die Sicherheit unserer Energieversorgung erhöht und andererseits können die betrieblichen Kosten verringert werden. Das Programm zum Energiesparen im Betrieb umfaßt

Zuschüsse zu Einzelberatungen und Zuschüsse zu Schulungs- und Informationsveranstaltungen über das Thema Energierationalisierung. (Dieses Programm wurde im Bundesanzeiger Nr. 37 vom 24.2.1981 veröffentlicht).

22. Zukünftige Planungen im Energiebereich

Da man derzeit in der Bundesrepublik Deutschland davon ausgehen kann, daß wir mit einer Energiepreissteigerung in der Gegend von 8 Prozent im Jahr zukünftig zu rechnen haben werden, sollte jeder Betrieb die Energierationalisierungsmöglichkeiten ausschöpfen. Hierzu ist es empfehlenswert, sich eine Reihe von Projekten auf dem Studienwege erstellen zu lassen und bei vorhandenen Kapital stufenweise zu realisieren. Diese einzelnen Projekte müssen in das betriebliche Gesamtbild eingepaßt werden. Bei Ersatzinvestition einer Anlage sollte zum Beispiel der Energiegesichtspunkt nicht außer acht gelassen werden. Denn mit dem Energiebedarf einer einzelnen Maschine muß über die gesamte Betriebszeit dieser Anlage gerechnet werden, und dies unter Berücksichtigung einer stetigen Steigerung der Energiekosten.

Bis heute vermag niemand eine Analyse der Energiekostenentwicklung der verschiedenen Energieträger im einzelnen vorherzusagen. Energie-Prognosen deuten allerdings darauf hin, daß zum einen der Substitutionsprozeß erhebliches Kapital benötigt und zum anderen zunehmende Knappheitstendenzen einzelner hochwertiger Energieträger zu einer Anhebung des Preisniveaus führen werden. Allgemeine Krisensituation in lokalen Energieversorgungsregionen können zusätzlich zu erheblichen Preisinstabilitäten führen.



Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland bis 2000 nach Energieprognosen aus den Jahren 1973-1981 [Quellenangabe nebenstehend, Kennzahl der Kurve in (...)]

Vertragliche Bindungen einzelner Energieträger, wie zum Beispiel die Importkohle an die heimisch geförderte Steinkohle, führen nicht zum Preisverfall. Die Rücksichtnahme auf regionale Beschäftigungspolitiken, beispielsweise bei der Kohle, führt zu einer langfristigen Stabilisierung des Kohlepreises und damit indirekt auch zu einer Beeinflussung des Strompreises.

Der Strompreis, der an das Kohlepreisniveau und an das Lohnpreisniveau angeknüpft ist, zeigte in den vergangenen 30 Jahren eine stetig aufstrebende Tendenz, wobei bis 1973 der Faktor Lohn die drängende Größe war.

Die aktuelle Diskussion über Preisgleitklauseln bei den Stromversorgungsunternehmen zeigt eine stärkere wirtschaftliche Bindung an die im jeweiligen Versorgungsgebiet eingesetzten Energieträger. So läßt sich zukünftig eine Preisgleitklausel denken, die auch eine Preisbindung an den Uranpreis beinhaltet, falls noch mehr Strom aus Kernenergie erzeugt werden sollte.

23. Gas und Fernwärme verdrängen Mineralöl

Sicher ist, daß Versorgungsgebiete mit hohem Braunkohle beziehungsweise hohem Grundlastkraftwerksanteil einen günstigeren Strompreis auch in der Zukunft anbieten werden. Für die anderen Energieträger gelten regionale Konditionen. Eine generelle Aussage zu Gas und Fernwärme ist demnach nicht abzuleiten. Beide Energieträger befinden sich zudem in einem Substitutionswettbewerb, der auf dem Wärmemarkt, wo er zur Verdrängung des Mineralöls geführt hat, sich zukünftig verstärken wird.

ANNAHME: DURCHSCHNITTS-ERDGASWÄRMEPREIS 5,700 PF/KWH/HO
HO/HU = 1,108
➤ 6,316 PF/KWH/HU

HEIZÖL EL

$6,316 \text{ PF/KWH} \times 9,9 \text{ KWH/L} = 62,5 \text{ PF/L}$
MARKTPREIS 64 ... 66 PF/L

HEIZÖL S

$6,316 \text{ PF/KWH} \times 11,4 \text{ KWH/KG} = 720,-- \text{ DM/T}$
MARKTPREIS 500 ... 520 DM/T (NORMALWARE)

STEINKOHLE

$6,316 \text{ PF/KWH} \times 8,8 \text{ KWH/KG} = 556,-- \text{ DM/T}$
MARKTPREIS 287,-- DM/T ZUZÜGL. FRACHT

BUTAN-FLÜSSIGGAS

$6,316 \text{ PF/KWH} \times 12,7 \text{ PF/KG} = 802,-- \text{ DM/T}$
MARKTPREIS 850 ... 900 DM/T

VDMA

VERGLEICH VON ERDGAS MIT ANDEREN BRENNSTOFFEN

Energierreferat

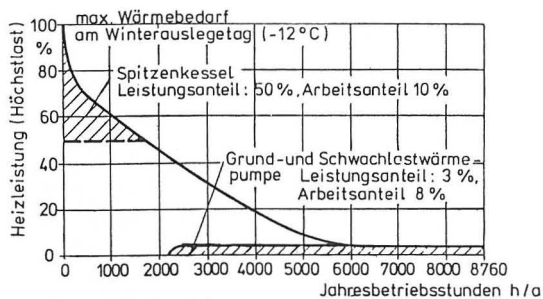
Die Veränderungen innerhalb der Mineralölwirtschaft werden zukünftig zu einer Stabilisierung beziehungsweise zu einem leichten Preisauftrieb für das Mineralöl führen. Allmählich zeigt sich ein Abklingen der Preisanreizfunktion des leichten Heizöls. Das leichte Heizöl ist zudem stark von internationalen Marktgegebenheiten abhängig, wie zum Beispiel von der Dollarpreisentwicklung.

Eine Prognose über die Preisentwicklung beim Mineralöl läßt sich derzeit nicht geben. Die Beeinflussung des Einsatzes schwefelhaltigerer Mineralöle im gewerblichen Bereich verbietet sich zunehmend durch die Überwachung und Kontrolle, die Ausfluß aus der Umweltschutzgesetzgebung ist. Der Einsatz von schwerem Heizöl in stationären Anlagen wird durch die regionalen Vorschriften zukünftig zurückgedrängt werden.

24. Brennbare Abfälle und andere Energiearten

Die Überlegungen, betriebseigenen, brennbaren Abfall zur Wärmeerzeugung hinzuziehen, sollten vor dem Hintergrund steigender Abfallgebühren für Feststoffe überprüft werden. Diese Zusammenstellung über die Zukunft der betrieblichen Energieversorgung hat bisher noch nicht die Gesichtspunkte der betrieblichen Eigenversorgung mit Wärme oder Strom behandelt.

Eine Reihe von Betrieben stehen bei Großinvestitionen auf dem Energiegebiet vor der Frage des Einsatzes von Wärmepumpen, beziehungsweise Wärmérückgewinnungsanlagen. Zwischenzeitig gibt es eine Reihe von Lösungsbeispielen, die für den jeweiligen Einzelfall eine Kapitalrückflußzeit von weniger als vier Jahren (ohne Zuschüsse durch öffentliche Mittel) erreichen konnten.



VDMA
ENERGIEREFERAT

Mögliche Leistungs- und Arbeitsaufteilungen
durch Grund- und Spitzenlasteinheiten

VDMA

Anteile im Betrieb

ca. 50 %	Antriebe (Motoren, Regelungstechnik)	5 – 7 %
	durch – Leistungsabhängige Regelung	
	– Minderung der Reibung	
	– Systemgerechte Auslegung der Motoren (Neukauf)	
ca. 30/40 %	Prozeßwärme	10 – 15 %
	– Verb. Isolation	
	– Wärmerückgewinnung	
	– Strahlungsheizung	
ca. 10/20 %	Licht bzw. Klimatisierung	20 %
	– Verbesserte Lampen	
	– Raumtemperatur zweckentsprechend anpassen	

VDMA

Wirtschaftlich mögliches Einsparpotential
(Empirisch ermittelt aus 120 Maschinenbeutrieben)

Energierreferat

Die Wärmepumpe kann dort optimal eingesetzt werden, wo es sich um die Deckung eines Grundwärmebedarfs über einen langen Jahreszeitraum handelt. Gleichzeitig wird mit dem Einsatz einer Wärmepumpe eine Öl- oder Gaskesselanlage, die im wirtschaftlich ungünstigen Wirkungsgrad arbeitet, abgeschaltet. Der Einsatz einer Wärmepumpe lohnt sich immer dann, wenn ein gekoppelter Wärme- und Kälteprozeß vorliegt.

Wärmerückgewinnungsanlagen werden heute in zunehmendem Umfang dort eingesetzt, wo es sich um die Errichtung von Neuanlagen handelt, die einen hohen Luftwechselbedarf besitzen. Der Anspruch an die Reinheit der Hallenluft ist in den letzten Jahren gestiegen. Die Industrie, die Wärmerückgewinnungsanlagen herstellt, ist diesem Bedarf mit vorgefertigten Einheiten entgegengekommen. Ein Hindernis beim Einsatz der Wärmerückgewinnungsanlagen in alte Fabrikationsanlagen ist stets die Baustatik gewesen. Auch hier haben die Hersteller solcher Anlagen durch Einsatz von Leichtmetall für die Baugruppen ein breiteres Verwendungsspektrum geschaffen. Der Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen ist dort sehr leicht wirtschaftlich darstellbar, wo es sich um naheliegende Wärmebedarfsprozesse (wie z.B. Brauchwassererwärmung) handelt. Die Anforderung an die Temperaturspreizung und an das Temperaturniveau des erzeugten Brauchwassers ist verhältnismäßig gering und kann mit Hilfe von Wärmerückgewinnungsanlagen gedeckt werden. Manche betrieblichen Prozesse besitzen ein ausreichend hohes Temperaturniveau und einen entsprechenden dichten Wärmestrom, so daß sich ein Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen unmittelbar rentiert. Die Kapitalaufwendungen werden durch öffentliche Zu-

schüsse (z.B. § 82a Einkommensteuereinführungsgesetz) begünstigt.

25. Schlußmerkung

Aus der Erfahrung mit einer Reihe von Energierationalisierungsaktionen in verschiedenen Betrieben läßt sich sagen, daß ein entscheidender Erfolg durch Einsatz einer Bestandsaufnahme erzielt wurde. Da die Energieberatung auch eine Verbesserung der energievertraglichen Situation schafft, werden hier langfristig Kostenrationalisierungen erreicht, die bisher nicht beachtet wurden. Damit rangiert die Energiekostenrationalisierung an vorderster Stelle bei der Suche nach innerbetrieblichen Reserven. Da darüber hinaus an der Rationalisierung ein volkswirtschaftliches Interesse besteht, sollte es Pflicht eines jeden Leitenden Mitarbeiters sein, rasch mit der Durchführung eines Rationalisierungsprogrammes zu beginnen. Die Möglichkeiten zur Kostensenkung sind groß, sie betragen zwischen 5 und 15 Prozent der bisherigen Energiekosten, und dies zunächst nur durch den gezielten Einsatz von Know-how. Weitere Einsparungen lassen sich durch investive Maßnahmen erreichen, die dann allerdings sorgfältig auf ihre Wirtschaftlichkeit hin überprüft werden müssen. Viele Aktionen bestehen aus einer Kombination der beschriebenen Maßnahmen und werden individuell auf den betrieblichen Einzelfall zugeschnitten. Vorbereitung für eine solche Aktion ist die Erstellung eines gezielten Empfehlungskataloges, und Ziel dieser Aktion ist die laufende Überprüfung der Energiekosten im Betrieb. Damit ist neben dem Rationalisierungseffekt auch ein Informationseffekt erreicht worden, der wie kaum ein anderer, über die Betriebsmittel Auskunft vermittelt.

Literaturnaweis

1. Schwab-Kroos: Moderne Unternehmensführung im Maschinenbau. Maschinenbau-Verlag, Frankfurt am Main 1971.
2. Prof. Dr. Hans K. Schneider: Zeitschrift für Energiewirtschaft, Statistisches Organ der Energiewirtschaftsverbände, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Köln.
3. Statistisches Bundesamt: Ausgewählte Zahlen zur Energiewirtschaft. Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stggt. und Mainz.
4. Dipl.-Ing., Dipl.-Volksw. Günter Vettermann: Elektrizitätswirtschaft im industriellen Betrieb. Maschinenbau-Verlag, Frankfurt am Main
5. Leutinger: Entscheidungsorientiertes Cash-flow-Management, München 1979.
6. Kennzahlenkompaß: Maschinenbau-Verlag, Frankfurt am Main.
7. Tagungsband Energiereferat: Energieeinsparung mit technischen Informationssystemen. Maschinenbau-Verlag, Frankfurt am Main.
8. Technische Universität Berlin: Studiengang Energieberater als Aufbaustudium, Herbst 1983
9. Check-Liste Energieeinsparung Maschinenbau-Verlag Frankfurt/am Main

Optimierung des Energieeinsatzes am Beispiel
einer Offset-Rollen-Rotationsmaschine

Dipl.-Ing. D. Scharnewski, Klambt-Druck, Speyer

- I. Rationeller Energieeinsatz ist zumindest seit der Ölkrise 1973/74 ein vorrangiges wirtschaftliches und umweltpolitisches Ziel.

1. Sicherstellen der Druckeigenschaften

Am Beispiel einer Offsetrotationsanlage Energie planvoll einzusetzen, bedeutet nach meiner Auffassung: Die Eigenschaften - immer auf den Energieeinsatz bezogen - sicherzustellen, also

- a) gute Druckqualität
- b) einwandfreie Trocknung auch bei hochgewichtigen Naturpapieren
- c) ausreichende Kühlung, um den noch plastischen Farbfilm zu verfestigen

Kompromisse in der Trockner- und Kühlleistung sollte man nicht zugestehen!

Mit einer Druckmaschine muß man Geld erwirtschaften. Mangelnde Leistung aufgrund von zu knapp bemessenen Trocknern oder Kühlwalzengruppen kostet Geld. Makulaturen, Papierverbrauch nach Anhalten zum Reinigen von Leitwalzen etc. sind daher gleichzusetzen mit erhöhter Energieverschwendung.

2. Ungewollte Nebenprodukte

Nachdem die technische Ausstattung geschaffen wurde - die Anlage also produziert - erhalten wir auch Nebenprodukte, u.a. schadstoffbeladene Trockner-Abluft, Lärm und natürlich Abwärme.

Schadstoffbeladene Abluft

Der Umweltschutz - eine unbestrittene Notwendigkeit - fordert, die Abluft so zu behandeln, daß keine geruchsbelästigenden Stoffe - dieses ist immer noch das wesentliche Kriterium für die Genehmigung bei den Aufsichtsbehörden - an die Atmosphäre abgegeben werden.

Nach dem heutigen Stand der Technik sind die Abgase thermisch nachzuverbrennen. Verfahrensbedingt bedeutet dieses erneut Einsatz von teurer Primärenergie.

Abwärme

Nach dem Trockenprozeß ist das Produkt abzukühlen. Die überschüssige Wärme wird unter Einsatz einer Kältemaschine über Kaltwasserkreisläufe abgeführt.

3. Energie-Rückgewinnungssysteme

Das Betreiben einer Offset-Rotationsanlage ist - wie bereits ausgeführt - hinsichtlich des Primärenergie-Einsatzes besonders intensiv.

Wärme-Rückgewinnungsanlagen sind einzuplanen.

Der Ingenieur ist nun gefordert, den - in der Regel internen Bedarf - an Wärmeenergien zu ermitteln. Dieser sollte möglichst gleichzeitig und in mindestens gleicher Menge bestehen. Hiernach muß im eigenen Betrieb gesucht werden.

II. Gestaltung von Energie-Lieferverträgen

Auf die vertraglichen Möglichkeiten zur Senkung der Energiekosten will ich nur in wenigen Sätzen eingehen. Hoch- und Niedrigtarife, Stromspitzen, eigene Transformatoren und Benutzungsstundenrabatte sind einige bei den Sonderverträgen zur Lieferung von elektrischer Energie zu beachtende Kriterien.

Beim Bezug von Erdgas haben sich Verträge bewährt, welche sog. abschaltbare Leistungen beinhalten, d.h., die Gaslieferung kann seitens des Lieferanten für bestimmte Stunden oder Tage unterbrochen werden. Dieses geschieht in unserem Hause durch ein Hochfrequenz-Steuersignal, welches den Zweistoffbrenner des Heizungskessels vollautomatisch von Gas- auf Ölfeuerung umschaltet. Günstigenfalls zahlt man nur einen Arbeits- und keinen Leistungspreis, d.h. nahezu 20 % weniger! (Damit liegt man beim Kostenniveau des Schweröls)

Lieferungsunterbrechung ist für den Trockner und die TNV kaum möglich - kombinierbare Gas/Ölbrenner sind für diese Anlagenteile nicht im Einsatz. Dennoch wird auch in Druckereien

Wärme zum Heizen und zur Wasser- und Dampferzeugung benötigt!

Energieverbraucher Heißlufttrockner

Moderne Trockner (A) sind in der Regel erdgasbeheizt. Gebläse beschleunigen die Trocknungsabluft und pressen sie mit hoher Geschwindigkeit durch Schlitzdüsen auf die vorbeilaufende Papierbahn. Der Verbrauch von Erdgas bei einbahnigem Betrieb und Bahngeschwindigkeiten von 5 bis 6 m/sec. kann bis zu $70 \text{ m}^3/\text{H} = 850 \text{ KWH}$ betragen!

Die eingesetzte Energie verdampft das Lösemittel des Farbfilms. Darüberhinaus wird die Papierbahn und die Trocknerkonstruktion aufgeheizt.

Bei heutigen Trocknern kann die Abluftmenge je nach Flächen- und Farbdeckung, nach Papierqualität und Druckgeschwindigkeit per Drosselklappen gesteuert werden. Dieses macht der Drucker jedoch aufgrund seiner Erfahrung!

Wünschenswert wäre eine unkomplizierte und sichere Konzentrationsmessung, welche die Vorgaben für optimale Abluftmengenreduzierung macht. Diese könnte dann vollautomatisch bzw. über Drehzahlregelung der Ventilatoren (dies bedeutet auch Ersparnis von Elektroenergie!) oder über Verstellung der Klappen den Gasverbrauch der TNV senken.

Bewährt hat sich die Messung der Bahnoberflächentemperatur. Das neue Meßsystem erfaßt sehr rasch die herrschende Temperatur und

gibt den Ist-Wert an die Brennerregelung. Die Sollwerte für unterschiedliche Produktionen schwanken von 100 bis 180° C. Bei Einsatz der IR-Messung wird der Gasverbrauch verringert. Man spricht seitens des Herstellers von bis zu 10 %.

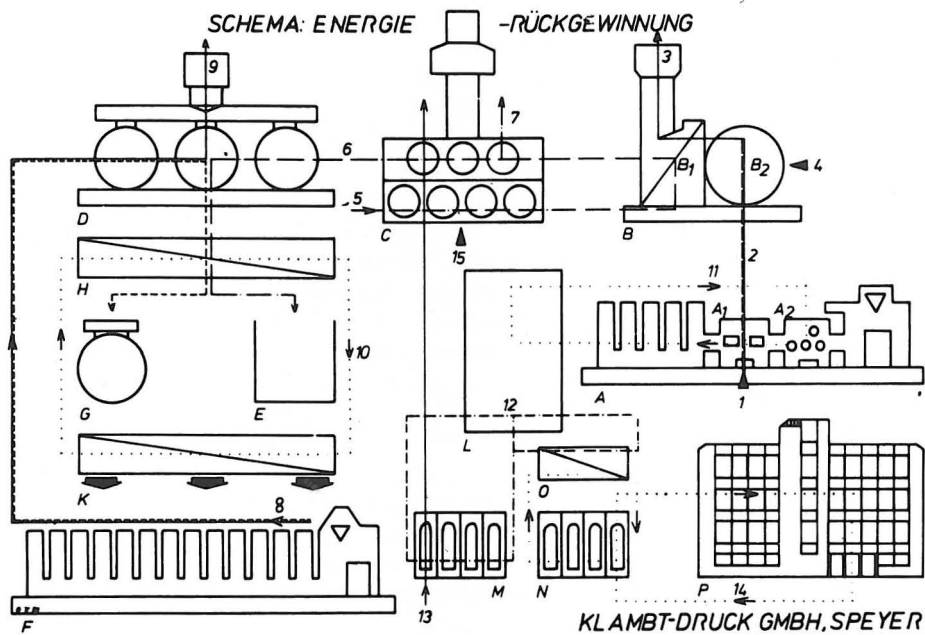
In unserem Trockner sind beide Systeme eingebaut. Das herkömmliche tastet über Thermostate im Innern die Temperatur ab. Ein Umschalten auf IR beweist, daß der Brenner wesentlich seltener aufheizt.

Um die Wärmeabstrahlung nach außen gering zu halten, sollten entsprechende Isolationsstärken an Trocknergehäuse, Ventilatoren und Abluftleitungssystemen vorgeschrieben werden. So ist unser Gerät 75 mm stark isoliert. Die Hersteller garantieren auch hier, daß die abgestrahlten Wärmemengen bestimmte Werte nicht überschreiten.

Im Bereich des Trockners sind die Absaugkanäle der zentralen Lüftungsanlagen sehr weit heruntergeführt, um die noch überschüssige Wärme zu erfassen und sie zumindest in der Heizperiode der Hallenluft zuzuführen.

Thermische Nachverbrennung der schadstoffhaltigen Abluft

Beim Trocknen treten organisch gebundene Substanzen aus dem Farbfilm. Diese schadstoffbeladene Abluft wird über Leitungssysteme (2) zu einer thermischen Nachverbrennungslage geführt (B). Bei einer Reaktionstemperatur



von 700° C verbrennen diese Substanzen in der sog. Brennkammer (B2) zu unschädlichen und nicht mehr geruchsbelästigenden Gasen (3).

Als Maß hierfür gilt das Cgesamt. Seitens der Aufsichtsbehörde dürfen 20 mgCges/Nm³ nicht überschritten werden. Aus verfahrenstechnischen Gründen (700°C!) muß auch hier Primärenergie, vornehmlich Erdgas (4), eingesetzt werden. Ein Flächenbrenner heizt diese Abluft dann auf Reaktionstemperatur.

Brennstoff sparen heißt in diesem Fall u.a.

a) Turbulente Verwirbelungen der Abluft mit der Brennerflamme

b) ausreichende Verweilzeit

c) Abluftmengen so klein wie möglich halten, dadurch erhöht sich die Schadstoffkonzentration. Der exotherme Verbrennungsanteil wächst.

Legt man eine mittlere Schadstoffkonzentration von 2 g/Nm³ zugrunde, bedeutet das bezüglich des Trägermediums Luft ($V = 1,22 \text{ kg/m}^3$) einen Massenanteil von etwa 0,16 %. Das heißt, mehr als 99,8 % werden unnötigerweise auf 700°C aufgeheizt.

Vorwärmung der abgesaugten Dämpfe

In den heutigen TNV's sind interne Rückgewinnungssysteme eingebaut, welche die aus dem Trockner ankommende Schadstoffluft vorwärmen.

Unsere Anlage hat einen im Reaktionskessel liegenden Luft-Luft-Ringwärmetauscher. Die Luft wird 2 x im Hochtemperaturteil umgelenkt und wärmt sich dabei auf 500°C auf. Dieses ist eine hohe Temperatur, welche von einem Wärmetauscher mit gutem Wärmeübergang und entsprechend großen Tauscherflächen zeugt. Hier sollte nicht gespart werden! Rasches Aufheizen bei Produktionsbeginn und reduzierte Brennerleistung (Regelbereich 1 : 25) bei Druckunterbrechungen (der sog. Warmhaltebetrieb) tragen zum wirtschaftlichen Betreiben bei.

Beim Kauf einer TNV sollten die Herstellergarantien nicht nur "Geruchsfreiheit" - dieses ist kein technisches Problem mehr - sondern den korrespondierenden Parameter "Gasverbrauch" beinhalten.

Also Gasverbrauch bei

- 0 gr/Nm³ Schadstoffanteil (Warmhaltebetrieb)
- 2 gr/Nm³ Schadstoffanteil (Mittlere Konzentration)
- 4 gr/Nm³ Schadstoffanteil (hohe Konzentration)

Wasserdampferzeugung

Die gereinigte Luft hat - bedingt durch den internen Wärmetauscher - nur noch eine Temperatur von 360° C. Bevor diese heiße Luft ins Freie abgeblasen wird, entnimmt man ihr über einen Gas-Wasserwärmetauscher (B1) - dem Dampfabhitzeteil - weitere Energie. So verdampfen wir das 90°C heiße Speisewasser (5)

der in der Heizzentrale (c) befindlichen Niederdruck-Dampfkessel. Damit steht die zurückgewonnene Wärmeenergie auf einem hohen Energieniveau der Druckerei wieder zur Verfügung.

Dieser Dampf wird als Desorptionsdampf (6) zum Austreiben von Lösemittel aus Aktivkohle unserer Luftreinigungsanlage (d) im Tiefdruck-Verfahrensbereich eingesetzt; ebenso zur Luftbefeuchtung (7) von weiteren Produktionsräumen und zur Warmwasser-Erzeugung über Dampf-Warmwasser-Gegenströmer.

Wir haben hier einen Fall, daß die zurückgewonnene Energie einer Luftreinigungsanlage aus dem Offset-Bereich eine Luftreinigungsanlage im Tiefdruck mitversorgt.

Kaskadenförmiger Energieabbau

Hierbei erkennt man den kaskadenförmigen Abbau der Energien:

Die hohen Temperaturen im Reaktionskessel der TNV von 700° C werden sukzessive über 500°, 360° des Reingases zu Dampf von 110° C bis hin zu Warmwasser-Temperaturen abgebaut. Die Temperaturen des gereinigten Gases am Kaminaustritt betragen nur noch 130° C.

Wärmebilanz

Die Wärmebilanz unserer TNV stellt sich so dar:

43 % der Energie kommen aus der Trocknerabluft

57 % werden über Erdgas erzeugt.

Auf der abgehenden Seite erhalten wir 64 % als ND-Dampf, 33 % gehen mit dem Reingas durch den Kamin, 3 % sind Verluste.

Könnte man dies abgehende Gas (3) zusammen mit dem Erdgas (1) wieder einsetzen, ergäben sich weitere Sparmöglichkeiten, an diesen Systemen wird nach meinem Wissen gearbeitet.

Isolierung

Natürlich sind auch diese Anlagenteile entsprechend den Temperaturdifferenzen zu isolieren. 200 bis 300 mm sind üblich.

Katalytische und Kondensationsverfahren

Primärenergie-Einsparungen sind beim Verfahren der katalytischen Verbrennung durch Absenkung der Reaktionstemperatur auf 350 bis 400°C augenfällig.

Durch mannigfaltige Katalysatorgifte, Entsorgung der Kondensate etc. arbeiten diese zur Zeit nicht wirtschaftlich. Ähnliches gilt für die Kondensationsverfahren. Man erinnere sich an die Größe 99,8 Gewichtsprozente. Der Anteil muß mit abgekühlt werden!

Kühlwalzengruppe der Offset-Rotation

Nun besitzt die Offset-Druckanlage im Anschluß an den Trockner eine Kühlwalzengruppe (A2). Hier wird der noch weich-plastische Farbauftrag abgekühlt. Die Walzen werden im Kreislauf von

10°C-Kühlwasser (11) durchflossen. Das Wasser nimmt die Wärme der heißen Papierbahn auf und transportiert sie zur Kältemaschine (L). Dort wird sie an das Kältemittel (12) des Aggregats abgegeben. Gleiches gilt für die Farbtemperierung (A3).

Kältemaschine als Wärmepumpe

Zum Betreiben dieser Kältemaschine ist Elektroenergie notwendig. Auch diese Energie wird im wesentlichen in Wärme umgewandelt. Sie wandert als Kompressionswärme im wesentlichen in das Kältemittel. Aus dem Kältemittel können somit die Wärmeenergien

- a) der heißen Papierbahn
- b) der warmen Farbwalzen sowie
- c) die umgewandelte Antriebsenergie der Kühlmachine

zurückgewonnen werden. Geht man davon aus, daß die Kompressorantriebsleistung 50 kW/h beträgt, können bis zu 220 kW/h zurückgewonnen werden.

Heißgas-Kühlverfahren

Durch das sog. Heißgas-Kühlverfahren erzeugen wir aus dem 14° C warmen Rücklaufwasser der Offsetrotation Temperaturen bis über 70° C. Diese hohen Temperaturen begünstigen den vielfältigen Einsatz der so "hochgepumpten" Wärmeenergie.

Brauchwassererzeugung

In unserem Hause erzeugen wir Heißwasser für unsere Tiefdruckgalvanik und die Sanitäreinrichtungen. Das 85° C heiße und 20 bar hochgespannte Sicherheitskältemittel wird über druckgesteuerte Überströmventile zunächst durch Edelstahlwärmetauscher geführt und gibt seine Wärme an emaillierte Warmwasser-Speicher (M) ab. Diese Speicher werden von Stadtwasser (13) mit einer Temperatur von 10 bis 12° C durchflossen. Dabei heizt es sich bis auf 70° C auf.

Bereitung von Niedertemperatur-Heizungswasser

Weitere Wärmespeicherbehälter (n) sind zusätzlich über einen Austauscher (0) dem Kältemittelkreis zugeordnet. Sie dienen zur Beheizung unseres Verwaltungsgebäudes (P). Das im Kältemittelkondensator aufgeheizte und in den Speichern bereitgehaltene Heizungskreislaufwasser (14) hat eine Temperatur von ca. 50° C. Damit diese geringe Temperatur zur Beheizung ausreicht, wurde unser Verwaltungsgebäude mit Gebläsekonvektoren, einer sog. Niedrigtemperatur-Heizung ausgestattet. Die Temperaturkaskade baut sich somit von 700° C bis zu 40° C Vorlauftemperatur ab.

Speicherdimensionierung

Um Stillstandszeiten der Rotation bis zu 8 Stunden und damit den Ausfall der Wärmepumpe zu überbrücken, wurden die Speicher entsprechend dimensioniert.

Inzwischen sind weitere Kälteverbraucher, EDV- und Andruckräume, der Fotosatz sowie ein Verkupferungsgad im Tiefdruck angeschlossen. Diese Abwärme wird ebenfalls über das Kältemittel zurückgewonnen.

Rückgewinnung bei Schraubenkompressoren

Auch Druckluft-Energien sind zum Betreiben einer solchen Rotation notwendig. Wir haben uns zu einer zentralen Schraubenverdichteranlage mit anschließender Druckluft-Trocknung entschieden. Diese Verdichter sind luftgekühlt. Um die anfallenden Wärmemengen zurückzugewinnen, wird die aufgeheizte Kühlluft direkt über einen polumschaltbaren Ventilator - je nachdem, wie viele und welche Größe der Schrauben zugeschaltet sind - in die Mischkammer einer Lüftungsanlage mit Umluftführung eingespeist. Damit entlasten wir das Heizregister der Luftanlage zumindest in der Übergangs- und Winterzeit. Diese Kühlluft muß natürlich - und das ist gewährleistet - frei von möglichem Ölgeruch sein.

Je nach Luftbedarf des Betriebes erfolgt eine Leistungsanpassung der Verdichter

a) Über elektronische Regelungen:

Intervalle von Luftproduktion und Aussetzen der Maschine werden über sog. Logikschaltungen so verknüpft, daß die wirtschaftlichste Betriebsart gewährleistet ist;

b) Über Zu- und Abschalten von weiteren Verdichtern.

So werden die Leistungsspitzen von einem in Bereitschaft stehenden Kompressor, der sich automatisch zuschaltet, übernommen. Die Grundlast fährt eine Anlage entsprechender Leistung, d.h. nahezu im Vollastbetrieb.

Eine Uhr schaltet z.B. ab Samstag 6.00 h bis Montagfrüh den Kompressor mit der kleinsten Leistung zu und den an Werktagen laufenden ab.

Schließlich konnten wir - begründet in den optimalen Betriebsbedingungen und über eine Ölanalyse des Mineralölherstellers abgesichert - die vorgeschriebenen max. Betriebsstunden bis zum Ölwechsel wesentlich erhöhen. Auch eine Maßnahme, um teures Mineralöl zu sparen. Die Personalkosten für die Wartung sanken aufgrund der vergrößerten Wartungsintervalle.

Die Anlagen zur Trocknung der Preßluft - die Kältetrockner - kühlen die Luft auf Taupunkttemperatur ab. Dieses geschieht über kleinere Kältemaschinen. Die freiwerdenden geringen Wärmemengen werden auch hier "Kleinvieh macht auch Mist" - über integrierte Tauscher an die abgehende Luft zurückgegeben.

Wandel der Heizzentrale

Die herkömmliche mit Primärenergie (15) Erdgas gespeiste Heizzentrale wird damit mehr und mehr zu einer den Rückgewinnungsprozessen nachgeschaltete Anlage. Ihre Aufgabe bleibt, bei Ausfall oder Störung von Produktions-

anlagen sowie bei nicht ausreichenden Wärmeenergien aus Rückgewinnungsprozessen, die notwendigen Heizungs- und sonstigen Prozeß-Energieformen in der Druckerei sicherzustellen.

Hoher Kapitaleinsatz

In unserer Druckerei konnte ein Höchstmaß an Rückgewinnung und Kreislaufführung von einmal eingesetzter Energie in Produktions- und Luftreinhaltungsanlagen erzielt werden. Wichtige Randbedingungen hierfür waren die noch beeinflussbaren Planungen der Rotationsanlage und eines Verwaltungsbaus. Dennoch bleibt festzustellen, daß aus Gründen der Redundanz ein sehr hoher Kapitaleinsatz erforderlich ist. Auch bietet fachmännisch ausgebildetes und rasch verfügbares Werkstattpersonal Gewähr für Funktionssicherheit dieser teilweise sehr komplizierten Systeme.

Ganz bewußt habe ich Leistungen, Liefer- und Wirkungsgrade nur am Rande erwähnt.

Technische Apparaturen zum sparsamen Einsatz und zur Rückgewinnung von Energien auf dem Markt in mannigfacher Ausführung angeboten. Den wirtschaftlichsten Einsatz erzielt man nur dann, wenn die internen Einsatzmöglichkeiten genauestens bekannt sind.

Hierzu bedarf es eines Mitarbeiters - für den Ingenieur in der Produktion soll hier eine Lanze gebrochen werden - welcher genaue Kenntnisse über die vielfältigen produktionstechnischen

Gegebenheiten im gesamten Betrieb hat. Er muß über die zukunftsorientierten Maßnahmen wie

Erweiterungen
Neuplanungen
Austausch von Anlagen etc.

orientiert sein. Er sollte die Grundzüge der Wärmelehre beherrschen und verfahrenstechnische Systeme, zumindest aus Anwendungssicht wie Standzeit, Wartungsintensität, beurteilen können. Der Erfahrungsaustausch mit Kollegen und in Kommissionen sowie die Fortbildung auch außerhalb des eigenen Betriebes sind von großer Wichtigkeit, um "Bauchlandungen" zu vermeiden. Auch kaufmännisches Denken sollte ihm nicht gänzlich fremd sein. Eine "dynamisierte Amortisationsrechnung" wird nicht gefordert, zumindest bei den Größenordnungen von einzusetzender und zurückzugewinnender Energie, mit denen man in einer mittleren Druckerei rechnet.

Welcher Amortisationsberechnung liegen denn die tatsächlichen Außentemperaturen, Auflagenhöhen, bedruckte Flächen unterschieden nach Farb- und Flächendeckung zugrunde? Von Amortisationsrechnungen, die im Ergebnis Bruchteile von Jahren ausweisen, z.B. 2,3 Jahre, halte ich sowieso nichts. Amortisationszeiten von bis zu 4, 5, 6 Jahren sind durchaus üblich. Staatliche Förderprogramme helfen, die Zinslasten zu senken. So können Investitionszulagen bzw. erhöhte Abschreibungen geltend gemacht werden.

III. Ausblick

In der Zukunft wird der sparsame Einsatz und das Zurückgewinnen von Energien weitere Fortschritte machen. Auch der Schutz der Umwelt fordert dieses.

(Es ist sicher, daß das z. Z. noch günstige Schweröl in unseren Heizzentralen zumindest gegen das schwefelärmere Leichtöl ausgetauscht werden muß)

Nach der neusten Untersuchung des BDI, veröffentlicht im August dieses Jahres, wurde von 1973 bis 1982 der spezifische Energieverbrauch auch durch Abwärmenutzung um 21 % gesenkt.

Neueste Schätzungen gehen davon aus, daß künftighin durch den Einsatz der Mikroelektronik und insbesondere der Mikroprozessoren Energieeinsparungen in Größenordnungen von 10 bis 25 % (!) zu erwarten sind.

Die Grenzen von Energiespar- und -Rückgewinnungssystemen sind somit noch lange nicht erreicht.

Die Energie, die beim Wirkungsgrad
über dem Bruchstrich steht.

Prof. Karl R. Scheuter
Institut für Druckmaschinen und
Druckverfahren der TH Darmstadt

Die Definition des Wirkungsgrades haben wir alle spätestens während des Studiums kennengelernt. Einige von uns haben dann in der Praxis festgestellt, daß diese Größe in weiten Bereichen der Technik als eine der maßgeblichsten Beurteilungsgrößen Eingang gefunden hat. Die Technikgeschichte zeigt deutlich, daß der Drang und die Notwendigkeit technische Prozesse zu verbessern, d.h. deren Wirkungsgrad zu erhöhen, zu grundlegenden Veränderungen nicht nur der Technik, sondern unserer ganzen Umwelt und nicht zuletzt auch unserer Denkweise geführt hat.

Es wird heute viel über diese Veränderungen diskutiert. In weiten Kreisen werden sie in Frage gestellt. Der Wirkungsgrad und das Denken in Wirkungsgraden als eine der Triebfedern der technischen Entwicklung sind heute fast eher anrüchig. Nachdem andererseits jedoch auch der unbedarfteste Technikfeind es sich zweimal überlegt, ob er eine notwendige Handlung nicht mit geringerer Anstrengung, d.h. mit besserem Wirkungsgrad vollziehen könne, wollen wir uns davon nicht ungebührlich berühren lassen, sondern heute einmal der Frage nach dem Wirkungsgrad der Druckmaschine unbekümmert nachgehen.

Die allgemeine Definition des Wirkungsgrades eines Prozesses

$$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{P_N}{P_A} \quad (1)$$

ist Ihnen allen bekannt. Trotzdem will ich auf folgende Punkte ausdrücklich hinweisen:

1. Was als Nutzen bzw. Aufwand einzusetzen ist, kann aus der Wirkungsgrad-Definition nicht entnommen werden, sondern ist in jedem betrachteten Falle der freien Entscheidung anheimgestellt.
2. Damit die Wirkungsgrade unterschiedlicher Prozesse miteinander vergleichbar werden, muß der Wirkungsgrad eine dimensionslose Größe sein. Das heißt jedoch, daß der Nutzen und der Aufwand mit dem gleichen Maß gemessen werden müssen.

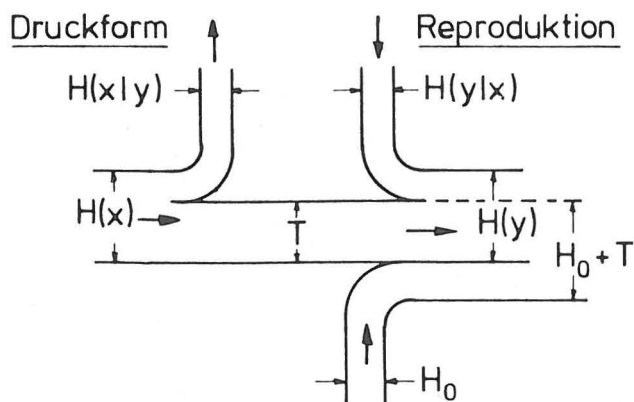
Im Falle eines Elektromotors, als Beispiel für einen Prozeß der Energieumwandlung, ergeben sich aus diesen beiden Punkten keine Schwierigkeiten. Der Aufwand entspricht der elektrischen Leistung an den Anschlußklemmen und der Nutzen der mechanischen Wellenleistung. Diese wird in ($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) und jene in (W) gemessen. Da beide Größen äquivalent sind, ist auch die Frage nach dem Maß kein Problem.

Bei der Druckmaschine liegt der Fall nicht so offen da. Zwar wissen wir, daß die Summe aller eingespeisten Leistungen P_{KL} , d.h. der elektrischen Leistungen an den Anschlußklemmen samt den eventuellen mechanischen und chemischen Eingangsleistungen, als Aufwand betrachtet werden muß. Um den Nutzen zu definieren, der dann schließlich mit dem Maß des Aufwandes gemessen werden muß, müssen wir weiter ausholen.

Ein Druckprodukt hat den Sinn, einem Beobachter Informationen zu übermitteln. Diese Information stammt aus der Information, welche mit der Druckform der Druckmaschine zur Verfügung gestellt wurde. Zeichnet man nun den Informationsfluß durch die Druckmaschine auf, dann ergibt sich nach Wolf /1/ folgendes Bild (Abb. 1).

In dieser Abbildung bedeutet,

- $H(x)$ = Information der Druckform.
- $H(x/y)$ = Äquivokation als jene Information der Druckform, welche beim Durchlaufen des Prozesses verlorenggeht.
- T = Transinformation als jener Anteil der Information in der Reproduktion, die unmittelbar aus der Druckform stammt.
- $H(y/x)$ = irrelevante Information, welche als Folge von Störungen im Prozeß (Rauschen usw.) entstanden ist.
- $H(y)$ = die Information der Reproduktion.
- H_0 = die einer idealen Volltonfläche, z.B. dem Papierweiß, zugeordnete Information.



$H(x)$ = Information der Druckform

$H(x|y)$ = Äquivokation

T = Transinformation

$H(y|x)$ = irrelevante Information (Rauschen)

$H(y)$ = die Information der Reproduktion

H_0 = die der idealen Volltonfläche zugeordnete Information

Abb. 1 Informationsflußdiagramm des Druckprozesses

Unter den Teilinformationen, welche in der Reproduktion auftreten, ist die Irrelevanz $H(y/x)$, also das Rauschen, unnütz. Nützlich, weil aus der Druckform stammend, ist nur die Transinformation T . Aus Gründen, welche Wolf [1] als zwingend bewiesen hat, muß jedoch auch die der idealen Volltonfläche zugeordnete Information H_0 als nützlich eingestuft werden. Der Nutzen je Reproduktion wird damit

$$p_N = H_0 + T \quad (2)$$

Bei einer Druckleistung von n Exemplaren je Zeiteinheit wird damit die Nutzleistung, welche über dem Bruchstrich einzusetzen ist,

$$P_N = n(H_0 + T) \quad (3)$$

Würden wir nun, wie üblich die beiden Informationen in (bit) messen, dann würde, wenn wie üblich der Aufwand in (W) gemessen und die Druckleistung auf eine Sekunde bezogen wird, der Wirkungsgrad mit der Dimension $\left[\frac{\text{bit}}{\text{W}\cdot\text{s}}\right]$ behaftet, also die auf den Aufwand bezogene Bitrate zeigen. In vielen Fällen würde dies keinen Schaden anrichten. Besser jedoch ist es, gleiches mit gleichem zu vergleichen, also auf dem dimensionslosen Wirkungsgrad zu beharren. Das führt nun zu der Frage, ob etwa die Information nicht nur in (bit), sondern auch in $(\text{W}\cdot\text{s}) = (\text{J})$, $= (\text{N}\cdot\text{m})$, d.h. mit dem Maß einer Arbeit gemessen werden kann.

Aus der Definition der Information durch Claude E. Shannon /2/ im Jahre 1948 folgt für die Information eines Informationszeitraumes, d.h. eines Bildes

$$H = N \cdot \sum_i K \cdot p(x_i) \cdot \log_a \frac{1}{p(x_i)} \quad (4)$$

Darin ist

- N = Gesamtzahl der Bildelemente.
- $p(x_i)$ = relative Häufigkeit der im Bild unterscheidbaren Dichten oder Farben. Tritt eine x_i genannte Dichte oder Farbe i-mal auf, dann ist $p(x_i) = \frac{i}{N}$ und damit $\sum p(x_i) = 1$.
- K = frei wählbare Konstante.
- a = frei wählbare Basis des Logarithmus.

Shannon hat seinerzeit seine Wahl der Konstanten so getroffen, daß bei der sog. Ja-Nein-Entscheidung mit gleicher Wahrscheinlichkeit die Information $H = 1$ wird. Er hat also $K = 1$ und $a = 2$ gewählt und die damit entstehende, an sich dimensionslose Einheit für die Information mit dem Begriff "bit" bezeichnet.

Shannon war sich bewußt, daß die Definitionsgleichung der Information bis auf das Vorzeichen mit der Boltzmann'schen Definition der Entropie eines Systems, dessen Elemente unterscheidbare Zustände annehmen können, übereinstimmt. Dieses Definition lautet

$$S = -N \cdot \sum K_B \cdot p(x_i) \cdot \log_e \frac{1}{p(x_i)} \quad (5)$$

Darin ist

N	=	Gesamtzahl der Systemelemente.
$p(x_i)$	=	relative Häufigkeit der Zustände der Systemelemente.
K_B	=	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ (J} \cdot \text{K}^{-1})$ = Boltzmann'sche Konstante.
e	=	$2.71828 \dots$ = natürliche Zahl.

Die Entropie hat damit die Dimension einer auf die Temperatureinheit bezogenen Arbeit.

Erst im Jahre 1962 wurde durch Léon Brioullin /3/ schlüssig nachgewiesen, daß zwischen der Information und der Entropie nicht nur ein formaler, sondern ein physikalisch eindeutiger Zusammenhang besteht. Um diesen zu verstehen, gehen wir von einem System aus, dessen Elemente alle den gleichen Zustand aufweisen. Drucktechnisch entspricht einem solchen System ein Ereignisraum, dessen Ereignisse alle gleich sind, also z.B. ein ideal weißes Blatt

Papier. In diesem Falle ist die relative Häufigkeit der Zustände oder Ereignisse $p(x_i) = 1$. Damit wird die Entropie des Systems zu

$$S = 0 \text{ (J} \cdot \text{K}^{-1}\text{)},$$

bzw. die Information zu

$$H = 0 \text{ (bit)}.$$

Wollen wir nun diesem System eine Information aufprägen, indem wir sie beispielsweise unterschiedlich einfärben. Dies ist ohne Zweifel mit Arbeit verbunden, welche in das System eingebracht werden muß und seine Entropie um einen Betrag ΔS erhöht. Damit wird die Entropie zu

$$S(x_i) = \Delta S [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] = C \cdot H(x_i) [\text{bit}] = H(x_i) [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (6)$$

Die Konstante C ist nichts anderes als der Umrechnungsfaktor, der vom informationstheoretischen Maß zum thermodynamischen Maß für die Information führt.

Nun gilt in der Ihnen gewohnten Schreibweise für die Entropieänderung und damit für die Information

$$\Delta S = \int \frac{dQ}{\vartheta} = H(x_i) [\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (7)$$

Darin ist

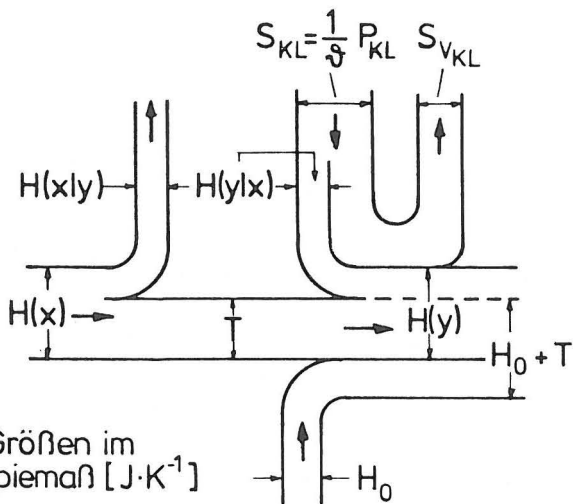
$$\begin{aligned} Q &= \text{Wärmeäquivalent (J), welches der} \\ &\quad \text{Exergie, d.h. der Nutzarbeit zur} \\ &\quad \text{Informationserzeugung entspricht.} \\ \vartheta &= \text{Prozeßtemperatur (K)} \end{aligned}$$

Der Druckprozeß findet, wie praktisch alle Prozesse der Informationsübertragung, bei einer Temperatur statt, welche wir als konstant ansetzen dürfen. Die Temperatur darf deshalb vor das Integral gesetzt werden. Somit wird die zur Informationserzeugung notwendige Exergie

$$Q[J] = \vartheta \cdot \Delta S = \vartheta \cdot H(x_i) [J K^{-1}]$$

Es ist also jeder Information und jedem Informationsanteil eine Arbeit bzw. Exergie eindeutig zugeordnet. Daher ist es auch möglich, einen Prozeß der Informationsübertragung einem thermodynamischen Wirkungsgrad zuzuordnen.

Es ist immer vorsichtig, vor dem Anschreiben eines Wirkungsgrades das Energieflußbild aufzuzeichnen. In unserem Falle eines praktisch isothermen Prozesses darf an dessen Stelle das Entropieflußbild treten (Abb. 2). Gegenüber dem Informationsflußbild (Abb. 1) weist das Entropieflußbild nun auch jenen Flußanteil S_{KL} auf, welcher vor der Summenklemmenleistung P_{KL} erzeugt wird. Ein Teil dieses Flusses finden wir in der Reproduktion in Form von Irrelevanz, d.h. des Rauschens. Der Rest ist die



S_{KL} = Entropiefluß der Summenklemmenleistung

$S_{V_{KL}}$ = Verlustentropie

Abb. 2 Entropieflußdiagramm des Druckprozesses

Verlustentropie S_{VKL} . Wir sind nun in der Lage, auch den Aufwand thermodynamisch korrekt anzuschreiben. Er entspricht der Summe aller in den Prozeß einfließenden Leistungen, nämlich, unter Berücksichtigung von Gleichung. (8)

$$P = n \cdot \vartheta \cdot [H(x) + H_0] + P_{\text{KL}} \quad (9)$$

Der Wirkungsgrad wird damit zu

$$\eta = \frac{n \cdot \vartheta \cdot [H_0 + T]}{n \cdot \vartheta \cdot [H(x) + H_0] + P_{\text{KL}}} \\ = \eta = \frac{[H_0 + T]}{H(x) + H_0 + \frac{1}{n \cdot \vartheta} P_{\text{KL}}} \quad (10)$$

Ich erinnere daran, daß alle Informationen in dieser Gleichung im Entropiemaß angeschrieben werden müssen. Will man die Information in (bit) eintragen, dann muß man die in /4/ veröffentlichte Umrechnungsgleichung

$$\Delta S = H[\text{J} \cdot \text{K}^{-1}] = 0,9565 \cdot 10^{-23} H[\text{bit}] \quad (11)$$

erinnern. Damit darf man dann schreiben

$$\eta = \frac{0,9565 \cdot 10^{-23} \cdot [H_0^{\text{bit}} + T^{\text{bit}}]}{0,9565 \cdot 10^{-23} \cdot [H(x)^{\text{bit}} + H_0^{\text{bit}}] + \frac{1}{n \cdot \vartheta} P_{\text{KL}}^{\text{Watt}}} \quad (10.1)$$

Es ist nun an der Zeit, ein Zahlenbeispiel zu rechnen, das uns die Größenordnung des Wirkungsgrades einer Druckmaschine zeigt. Dabei sei die autotypisch gedruckte Bildfläche $A = 1 \text{ m}^2$, die Rasterfrequenz $r_z = 80 \text{ L/cm}$ und die kleinsten positiven bzw. negativen Druckpunkte vom Durchmesser $D_{DP} = 20 \text{ }\mu\text{m}$. Die Druckleistung sei $n = 2 \text{ s}^{-1}$ und die Summen-Klemmleistung $P_{KL} = 10^4 \text{ W}$. Die Temperatur sei $\mathcal{T} = 300 \text{ K}$. Für die Information wurden folgende Werte nach sorgfältiger Überprüfung gewählt, nämlich $H_0 \rightarrow 0 \text{ bit}$, verstanden als Rauschanteil eines idealen Bedruckstoffes, $H(x) = 2,5 \cdot 10^9 \text{ bit}$, verstanden als die technisch ausschöpfbare Informationskapazität einer Druckform mit einer druckenden Fläche von 1 m^2 und analog dazu für die Transinformation $T = 2,8 \cdot 10^8 \text{ bit}$.

Somit ergibt sich für den Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{0,9565 \cdot 10^{-23} \cdot [0 + 2,8 \cdot 10^8]}{0,9565 \cdot 10^{-23} \cdot [2,5 \cdot 10^9 + 0] + \frac{1}{2 \cdot 300} 10^4}$$

$$\underline{\underline{= \eta = 1,6 \cdot 10^{-16}}}$$

Im ersten Moment sieht die Größenordnung dieses Wirkungsgrades erschreckend aus. Sie ist jedoch kennzeichnend für die Informationsübertragung mittels technischer, d.h. materieller Mittel. Auch der Fernseher, den Sie zu Hause haben, weist einen Wirkungsgrad auf, der nur etwa doppelt so

hoch ist, also immer noch mit der -16 .Potenz behaftet ist. Dies ist jedoch auch nur deshalb der Fall, weil bei der Wirkungsgradberechnung die Bildwechsellzahl mit $n = 25s^{-1}$ eingesetzt wurde. Innerhalb des Bereiches der Hard-Copy-Verfahren schneiden die konventionellen Druckverfahren - mindestens zur Zeit - noch am günstigsten ab, was durchaus tröstlich ist.

Die geringe Größe des Wirkungsgrades und die Tatsache, daß vielversprechende Bestrebungen im Gange sind, den Wirkungsgrad der Fernseher um etwa eine Zehnerpotenz zu verbessern, sind sicher ein dringender Anlaß, um Wege zu seiner Verbesserung zu suchen und sind damit berechtigter Anlaß der heutigen Veranstaltung. Dabei lag bisher das Augenmerk ganz auf der aufzuwendenden Leistung P_{KL} , also auf dem Nenner der Wirkungsgradgleichung.

Der Wirkungsgrad weist jedoch auch einen Zähler auf, welcher, weil $H_o \rightarrow 0$ strebt, mit guter Näherung als

$$P_N \sim n \cdot T \quad (12)$$

geschrieben werden darf. Eine Wirkungsgraderhöhung tritt bekanntlich auch dann auf, wenn diese Größe erhöht wird. Betrachtet man nun die Druckleistung n , dann erinnert man sofort daran, daß ihre Erhöhung zu einem eher überproportionalen Anstieg der den Nenner beherrschenden Größe P_{KL}

führt, also eher zu einem sinkenden Wirkungsgrad führen dürfte. Es bleibt also nur noch die Frage, ob die Transinformation T wesentlich höher werden könnte.

Da auch beim Druckvorgang stets Informationsverluste auftreten, ist die Transinformation T immer kleiner als die Eingangsinformation. In unserem Fall ist dies die in der Platte gespeicherte Information $H(x)$. Es gilt also immer

$$H(x) > T$$

Diese Tatsache legt nun folgenden Schluß nahe; Wenn zu Gunsten des Wirkungsgrades die Transinformation grundlegend erhöht werden soll, dann muß zwingend die Information $H(x)$ der Platte ebenso grundlegend erhöht werden. Offensichtlich ist das im Falle des reinen Textdruckes nicht möglich. Im Falle des Bilddruckes jedoch sieht es ganz anders aus. Vorlage ist in diesem Falle eine Photographie, in unserem Falle eine Schwarz-Weiß-Photographie, weil sich alle Aussagen auf eine Einfarben-Druckmaschine beziehen. Deren Informationskapazität liegt nach /5/ (Abb. 3) im Bereiche

$$10^9 < H(v) < 10^{10}$$

Baut man ein solches Bild autotypisch, d.h. amplitudenmoduliert auf, dann erhöht man mit den kleinsten Punkten $d_{DP} = d_{pos} = d_{neg} = 20\mu m$ in Funktion der Rasterfrequenz die Kurve AM für die Informationskapazität. Prinzipiell werden offen-

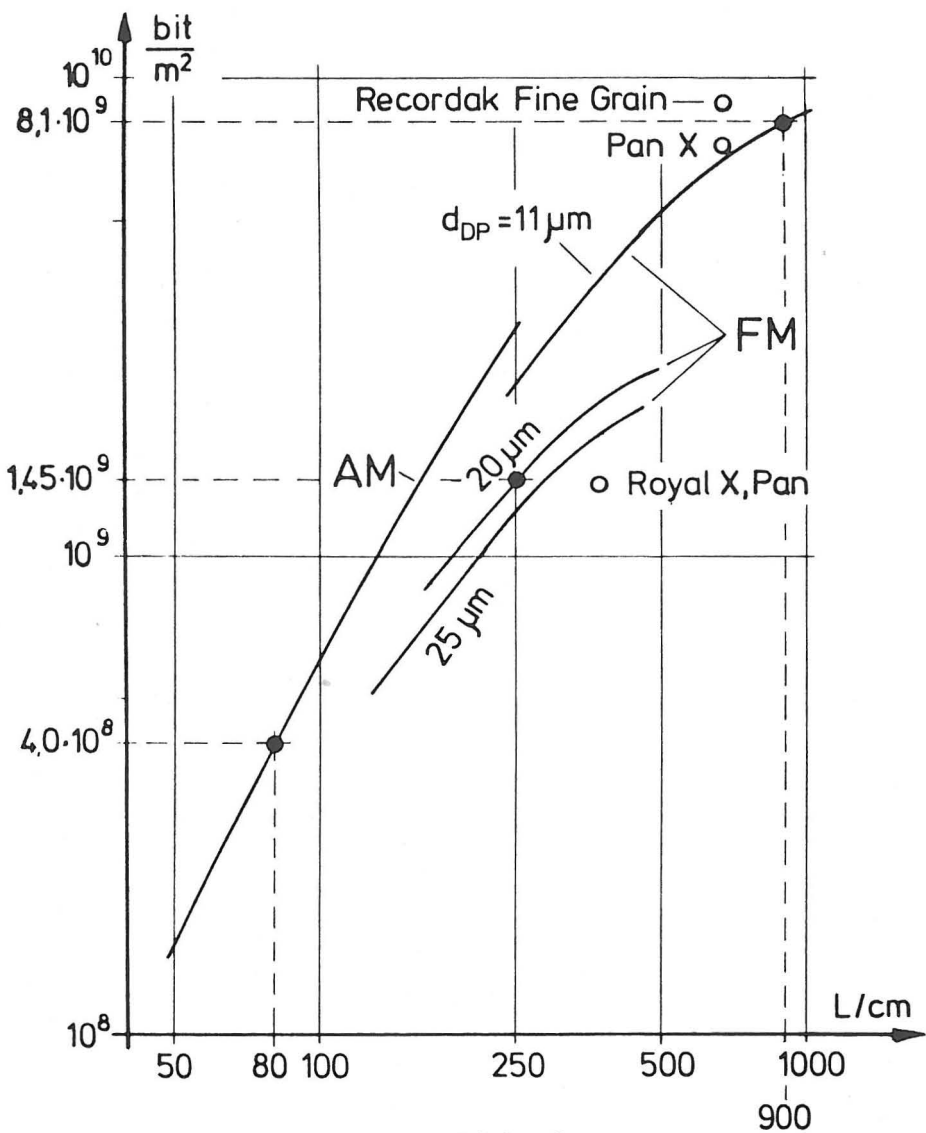


Abb.3

sichtlich Werte erreicht, die in den Bereich der Informationskapazitäten einer Photographie fallen. Weil jedoch mit steigender Rasterfrequenz der Dichteumfang abnimmt, das Druckbild also flach wird, beschränkt man sich in der Regel auf das 60er Raster und im Grenzfall auf das 80er Raster. In diesem Grenzfall wird eine Informationskapazität von $H_{AM} = 4 \cdot 10^8 \text{ bit/m}^2$ erreicht. Er liegt dem Wirkungsgradbeispiel zu Grunde.

Im Gegensatz zum amplitudenmodulierten Bildaufbau hängt beim frequenzmodulierten Bildaufbau der Dichteumfang nicht von der Frequenz ab. Er ist immer gleich der Differenz zwischen der Volltondichte und der Dichte des Papieres. Die nutzbare Informationskapazität hängt deshalb nur von der gewählten Abtastfrequenz beim Scannen und von der gewählten Druckpunktgröße ab. Wählt man z.B. die Abtastfrequenz zu 250 L/cm und die Punktdurchmesser wiederum zu $d_{DP} = 20 \mu\text{m}$, dann steht gemäß der Kurve FM in Abb. 5 eine Informationskapazität von $H_{FM} = 1,45 \cdot 10^9 \text{ bit/m}^2$ zur Verfügung. Setzt man nun voraus, was aufgrund der Wahl der gleichen Druckpunktgröße eigentlich selbstverständlich ist, daß der Bildaufbau der Druckmaschine nicht beeinflußt, dann darf man, weil

$\eta \sim T \sim H(x) \sim H_{AM/FM}$ ist, den Zusammenhang

$$\eta \sim T \sim H(x) \sim H_{AM/FM}$$

anschreiben. Es wird damit

$$\frac{\eta_{FM}}{\eta_{AM}} = \frac{H_{FM}}{H_{AM}} \quad (13)$$

$$\eta_{FM} = \eta_{AM} \frac{H_{FM}}{H_{AM}}$$

Der frequenzmodulierte Bildaufbau gibt also auch dann eine Verbesserungsmöglichkeit, wenn man an die Druckmaschine keine höheren Forderungen stellt (auch beim autotypischen Druck muß der kleinste positive oder negative Druckpunkt stehen). Diese Verbesserungsmöglichkeit kann leicht jene übersteigen, die durch Verminderung des Nenners möglich ist. Geht man von modernen Qualitätsdruckmaschinen aus, wie sie heute angeboten werden, dann darf man erwarten, daß durch den Übergang zum frequenzmodulierten Bildaufbau wohl noch mehr gewonnen werden könnte. In /6/ wird beispielsweise dargelegt, daß moderne Qualitätsdruckmaschinen Druckpunkte mit einem Durchmesser $d_{DP} = 11 \mu m$ ausreichend reproduzierbar drucken können. Wählt man die dieser Punktgröße zugeordnete maximale Abtastfrequenz von $rz_A = 900 \text{ L/cm}$,

dann entspricht diesen Daten eine Informationskapazität von $H_{FM} = 8,1 \cdot 10^9$ bit/m². Mit Gl (13) ergibt sich dann

$$\underline{\eta_{FM} = 5,2 \cdot 10^{-16} = 3,6 \cdot \eta_{AM} \text{ (für } d_{DP} = 20 \mu\text{m)}}}$$

$$\underline{\eta_{FM} = 3,25 \cdot 10^{-15} = 20,3 \cdot \eta_{AM} \text{ (für } d_{DP} = 11 \mu\text{m)}}}$$

Die Verbesserungsmöglichkeit, welche mittels einer Wirkungsgradbetrachtung dargelegt wurde, läuft offensichtlich auf folgendes hinaus; Die optimale Nutzung der Druckmaschine bei bestem Wirkungsgrad ist nur dann möglich, wenn die Druckform einen möglichst großen Teil der Information der Vorlage enthält. Der autotypische Bildaufbau leistet dies nicht, weil der Verlust an Dichteumfang mit steigender Rasterfrequenz eine Grenze setzt. Bei dieser Grenze ist die Informationskapazität um ein vielfaches geringer als jene der photographischen Vorlage. Das Überspringen dieser Grenze ist prinzipiell nur dann möglich, wenn die Amplitudenmodulation durch die Frequenzmodulation ersetzt wird. Bei dieser Modulationsart ist die Informationskapazität nur durch den kleinsten druckbaren Punkt

beschränkt. Vieles deutet darauf hin, daß die moderne Druckmaschine in dieser Hinsicht nicht ausgenutzt wird. Der vorgeschlagene Weg wäre jedoch besonders nützlich, weil mit jeder Erhöhung der Transinformation bei einer gegebenen Vorlage grundsätzlich eine Erhöhung der Bildqualität verbunden ist. Die Reproduktion wird der qualitätssetzenden photographischen Vorlage immer ähnlicher.

Es sei dazu noch erwähnt, daß die Fernsehleute ihre Wirkungsgradverbesserung ebenfalls über den Weg der Erhöhung der Informationskapazität, also der Bildqualitätsverbesserung, zu erreichen trachten. Die Fernsehleute beschäftigen sich deshalb viel stärker, als wir es bisher getan haben, mit dem Zähler des Wirkungsgrades.

Das Problem der Realisierung einer derart grundlegenden Verbesserung liegt z.Z. nicht nur in der Tatsache, daß noch keine Scanner und Recorder für den FM-Bildaufbau auf dem Markt sind, sondern auch darin, daß die Druckform-Vorstufe noch nicht auf so hohe Forderungen, wie sie dem letzten Beispiel entsprechen, eingerichtet ist. Eventuelle zusätzliche druckmaschinentechnische Forderungen dürften dagegen eher geringfügig sein.

Zusammenfassend möchte ich folgendes sagen:

An der Erhöhung des Wirkungsgrades der Druckmaschine sind nicht nur die Drucker, sondern auch die Abnehmer der Druckprodukte interessiert. Die

ersteren sind zwar vorwiegend an der Reduktion des Aufwandes P_{KL} interessiert, die letzteren jedoch an einer Erhöhung des Nutzens P_N , der sich für sie in Form einer hohen Bildauflösung, eines hohen Farbumfanges, hoher Bildglätte und Moiré-freiheit manifestiert. Es ist deshalb notwendig und erwünscht, nicht nur den Nenner des Wirkungsgrades, sondern auch seinen Zähler eingehend zu betrachten und die sich aufdrängenden Konsequenzen zu ziehen. Diese Konsequenzen kann der Verein der deutschen Druckingenieure selbst nicht ziehen. Er kann aber seinen Einfluß geltend machen.

Literaturverzeichnis:

- /1/ WOLF, K., Beitrag zur Systemtheorie der
 Druckverfahren,
 Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt 1970
- /2/ SHANNON, C.E., A mathematical theory of Commu-
 nication,
 Bell Syst.techn. J.27, 1948
- /3/ BRILLOUIN, L., Science and information theory,
 Academic Press, 1962
- /4/ SCHEUTER, K.R., Einiges über η und q , Joule, Kelvin
 und bit, Druckmaschinen und Druckverfahren, 25 Jahre
 Forschung und Lehre an der Technischen Hochschule
 Darmstadt, 1978
- /5/ DAINTY, J.G., SHAW, R., Image Science, Academic
 Press, 1974
- /6/ LAWSON, L.E., High rendition photo-lithographic images,
 Professional Printer, Volume 26, Numbers 5/6